

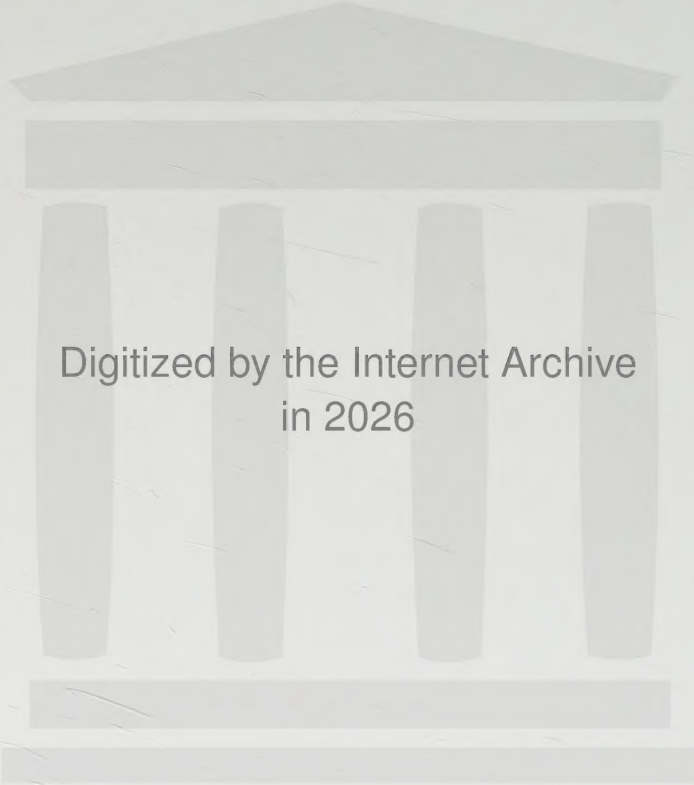
Aus der Prothetischen Abteilung
(Leiter: Prof. Dr. H. Kirsten)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. E. Harndt)
der Freien Universität Berlin

Vergleichende Untersuchungen
über die Dimensionsänderungen von Gußobjekten
im zahnärztlichen Angußverfahren

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät
der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
BERNHARD STEGMEYER
AUS BERLIN

1964



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550805_0064

Aus der Prothetischen Abteilung
(Leiter: Prof.Dr.H.Kirsten)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-,Mund- und Kiefer-
krankheiten(Direktor:Prof.Dr.med.Dr.med.dent.E.Harndt)
der Freien Universität Berlin

Vergleichende Untersuchungen über die Dimensions-
änderungen von Gußobjekten im zahnärztlichen
Angußverfahren.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät
der
Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Bernhard Stegmeyer
aus Berlin

Dekan: Prof. Dr. Hugo G a s t e i g e r

Referent: Prof. Dr. Hermann K i r s t e n

Korreferent: Prof. Dr. Dr. Ewald H a r n d t

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 26. Februar 1964

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einleitung	1
-------------------------	---

II. Hauptteil

1. Übersicht über die Entwicklung zahn- ärztlicher Gußverfahren	3
2. Für die Versuche verwendetes Guß- verfahren.	6
a) Herstellung der Wachsforn	7
b) Einbetten	11
c) Wachsaustreiben und Vorwärmen	14
d) Schmelzen und Gießen	15
3. Meßmethode.	
a) Optisches System	19
b) Bezugspunkte	23
c) Fixierung der Meßobjekte	25
d) Horizontaleinstellung der Meßobjekte	27
e) Durchmessermessungen	29
f) Meßunsicherheit	33
4. Versuchsanordnung	33
5. Ergebnisse.	
a) Erläuterungen zu den Tabellen	34
b) Erläuterungen zu den Graphiken	35
c) Versuchsreihe 1	45
" " 2	47
" " 3	48
" " 4	49
" " 5	50
" " 6	52
" " 7	53
" " 8	54
" " 9	55
d) Diskussion der Ergebnisse	56

III. Zusammenfassung.	63
-------------------------------	----

Literaturverzeichnis	65
--------------------------------	----

Nachsatz	67
--------------------	----

Lebenslauf	68
----------------------	----



I.

E i n l e i t u n g .

Schon lange bevor der Amerikaner TAGGART eine brauchbare Gußmethode für die Zahnheilkunde einführte, verwendete man Gold für Zahnersatzarbeiten. Aber erst durch seine Veröffentlichungen im Jahre 1907 waren die Wege für eine weitere Verbreitung dieser Methode geebnet. Alle Verfahren früherer Epochen waren wegen der Umständlichkeit in der Herstellung und zu großer Ungenauigkeit der erzielten Gußarbeiten kaum zu verwenden. Nach dem Prinzip TAGGARTS (Herstellung einer Wachsform, Einbettung in feuerfeste Masse, Wachsaustreibung und anschließender Guß) wird noch heute gearbeitet. Nur die Methodik wurde verfeinert.

So alt wie das Gußverfahren sind auch die Bemühungen, einwandfreie Angüsse zu erzielen. Die Vorteile, speziell Kronen durch Angießen eines Kronendeckels an den Ring herzustellen, sind so bedeutend, daß gerade auf diesem Gebiet viel gearbeitet wurde. Man kann Kronen wesentlich besser und einfacher den anatomischen und physiologischen Gegebenheiten des Restgebisses anpassen, wenn man die Möglichkeit hat, nicht nur den einfachen "Kronendeckel" zu gießen, sondern durch eine entsprechende Übermodellierung über den Kronenring auch den Seitenflächen der Krone eine günstige Form zu geben.

Mit der weiteren Verbreitung und Verbesserung der Gußmethoden wuchsen auch die Bemühungen, bei der Herstellung von Zahnersatz bessere ästhetische Resultate zu erzielen. Dies führte zur Herstellung von Facettenkronen, bei denen die labialen bzw. buccalen Flächen mit zahnähnlichem Material (Porzellan oder Kunststoff) verkleidet wurden, während die nicht sichtbaren und die durch den Kauvorgang größerer Belastung ausgesetzten Anteile durch Metall ersetzt wurden.

Nach einer sehr verbreiteten Methode werden Facettenkronen so hergestellt, daß man zuerst nach einem Abdruck des

Zahnstumpfes eine Gußkappe herstellt, die auf den Zahnstumpf aufgesetzt wird. Anschließend wird im Laboratorium die Krone fertiggestellt. Hierbei wird labial bzw. buccal eine Porzellan- oder Kunststoff-Facette der Gußkappe angepaßt und der Rückenteil und die Kaufläche des Ersatzzahnes in Metall durch Anguß hergestellt. Dieses Verfahren wird wegen seiner Einfachheit oft angewendet, hat aber den Nachteil, daß die Kronen nach ihrer Fertigstellung, also nach dem Anguß, nicht immer ganz exakt passen.

Die Paßgenauigkeit von Gußarbeiten in Form von Kronen hat sich bisher im Gegensatz zu Inlays genauen meßtechnischen Untersuchungen entzogen, da es fast unmöglich ist, den inneren Durchmesser von Körpern so geringen Umfanges mechanisch zu messen.

Außerdem haben mechanische Meßmittel den Nachteil, mit einem gewissen Meßdruck zu arbeiten, der bei weichen Materialien zu Ungenauigkeiten in den Ergebnissen führen muß. Die Untersuchungen der Dimensionsänderungen wurden deshalb hier mit einem optischen Meßverfahren durchgeführt, das in den wesentlichen Punkten auf dem Prinzip der Veröffentlichungen von ILG (13) und HAU (10) beruht. (siehe Seite 19).

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, wo und in welcher Form Dimensionsänderungen an Gußkappen vor oder nach dem Anguß auftreten können.

Die Untersuchungen wurden mit Gold-Platin-Legierungen der Firma Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt (Degussa), Frankfurt am Main (Degulor M und Degulor I) und der Firma Heraeus Edelmetalle GmbH., Hanau am Main (Maingold SG und Maingold no) durchgeführt.

II.

H a u p t t e i l .

1. Übersicht über die Entwicklung zahnärztlicher Gußverfahren.

Brauchbare Gußmethoden für die Zahnheilkunde sind praktisch erst um die Jahrhundertwende bekannt geworden. Man hatte zwar schon früher die idealen Eigenschaften des Goldes für Zahnersatzarbeiten erkannt, aber wegen des hohen Schmelzpunktes des Goldes keine geeigneten Einbettmassen gefunden.

Bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts verwendete man vielfach niedrig schmelzende Metalle oder Legierungen, also vor allem Zinn und Blei für Gußarbeiten (2).

LEWANDOWSKI (9) berichtet 1903 über eine Methode des Amerikaners MATERN, Brückenersatz aus Zinn herzustellen.

Bei dieser Methode wurde Zinn in einer Spritze geschmolzen und in die Hohlform aus Gips gepreßt.

Mit den verschiedensten Mitteln wurde versucht, Gold für Einlagefüllungen zu verwenden. Um 1872 soll der Franzose AGUILHON DE SARAN (9) Goldfüllungen hergestellt haben. Er nahm einen Abdruck der Kavität und stellte danach eine Form aus Ton her, in der er das Gold schmolz.

Große Bedeutung erlangte gegen Ende des vorigen Jahrhunderts die Methode, einen Folienabdruck der Kavität aus Gold oder Platin herzustellen, der dann praktisch als Schmelzgefäß für die Goldfüllung diente.

Alle diese Verfahren waren aber ungenau und die normale Kontraktion des Goldes konnte mit diesen Methoden nicht ausgeglichen werden.

OLLENDORF (1904) und TAGGART (1907) waren die eigentli-

chen Wegbereiter der heute gebräuchlichen Gußverfahren. Bis dahin wurde Kronen- und Brückenersatz fast ausschließlich in dem umständlichen Stanzverfahren hergestellt. OLLENDORF stellte erstmals ganze Zahnersatzstücke im Gußverfahren her. Er verwendete als Einbettmasse ein selbst hergestelltes Gemisch aus Graphit, Marmormehl und Gips. Als Form für seine Einbettmasse benutzte er Blumentöpfe.

TAGGART (21) beschrieb ein Verfahren zur Herstellung von Gold-Inlays im Gußverfahren. Er stellte eine Wachsform der Einlagefüllung her und bettete diese in feuerfeste Masse ein. Nach dem Ausbrennen des Wachses wurde in die Hohlform unter Gasdruck Gold gegossen. Auch diesem Verfahren hafteten noch Mängel an, da mit den verwendeten Einbettmassen noch nicht der volle Kontraktionsausgleich des Goldes erzielt werden konnte.

In den letzten Jahrzehnten hat man den Einbettmassen große Beachtung geschenkt und Massen entwickelt, mit denen es heute möglich ist, Präzisionsgüsse herzustellen.

Der eigentliche Guß in die Hohlform erfolgte durch Ausnutzung der Schwerkraft des Metalles, durch Anwendung des Gasdruckes in verschiedenen Formen und mit Hilfe der Fliehkraft. Es wurden die kompliziertesten Apparate beschrieben und auch angewendet. Durchzusetzen vermochten sich nur die Geräte, die einfach in der Handhabung und nicht übermäßig kostspielig waren.

COHN-SISSACH (9) verwendete den Handdruck des Hammers zum Gießen des Goldes. Die Form des Kronendeckels wurde in Ossa sepia geformt. Mit einer Gebläseflamme wurde das Gold geschmolzen und mit dem Hammerdruck in alle Teil der Form gepreßt.

BURT (9) nutzte die Bewegungsenergie des flüssigen Goldes. Er formte die Einbettmasse so, daß durch entsprechen-

des Kippen der Form eine schiefe Ebene entstand und das Metall in die Hohlform fließen konnte.

Ein anderes Verfahren wird von PLATSCHIK (9) beschrieben, wobei zwei elektrisch beheizte Öfen verwendet werden. Einen Ofen zum Vorwärmen der Muffel und einen zweiten zum Schmelzen des Metalles. Der letztere wurde über den ersten geführt und durch Entfernen eines Verschlusses konnte das verflüssigte Metall in die Form im ersten Ofen einfließen.

Weite Verbreitung erlangte die Gußmethode von SOLBRIG (9). Bei diesem Verfahren wurde eine Zange verwendet, an deren einer Branche die Muffel befestigt wurde. An der anderen Branche war ein genau auf die Muffel passender Deckel mit einer feuchten Asbestplatte befestigt. Nach dem Schmelzen des Metalles wurde die Zange zusammengepreßt und der durch die Hitze des geschmolzenen Metalles an der feuchten Asbestplatte erzeugte Wasserdampf entwickelte in dem nun abgeschlossenen Raum einen Druck, der das Metall in die Hohlform pressen sollte.

Die Verfahren, die den Gasdruck oder die Schwerkraft des Metalles zum Guß nutzten, gerieten bald in Vergessenheit, als man die Brauchbarkeit der Fliehkraft für Gußverfahren entdeckte.

Die einfache Handschleuder von BARDET ist sogar noch heute vielfach in Gebrauch.

Die Horizontalschleuder ist als Degussa-Tiegelschleuder weit verbreitet. Die Tiegelschleuder vereint den Vorzug einfacher Handhabung mit den Vorteilen des indirekten Schmelzens in einem Kohletiegel und der Möglichkeit, die Muffel bis zum eigentlichen Guß im Vorwärmeofen belassen zu können.

Aus einfachen Anfängen hat sich bis heute ein Gußverfah-

ren entwickelt, das bei zweckgerechter Anwendung eine wesentliche Bedeutung für die prothetische und konservierende Zahnheilkunde gewonnen hat.

2. Für die Versuche verwendetes Gußverfahren.

Bei der Durchführung der Untersuchungen war es wesentlich, alle Faktoren auszuschließen, die die Meßergebnisse verfälschen könnten. In der zahnärztlichen Präzisionsgußtechnik gibt es wegen der Vielzahl der Arbeitsgänge und verwendeten Materialien eine Reihe von erheblichen Fehlerquellen.

MYERS (3) teilt das Gußverfahren in acht Untergruppen ein, die die einzelnen Arbeitsgänge darstellen und nennt etwa sechzig Möglichkeiten, die zu Ungenauigkeiten in den Gußergebnissen führen können.

BEECK (1) stellt den Begriff "zahnärztliche Gußverfahren" als einen Komplex dar, der sich aus fünf Komponenten zusammensetzt:

1. Präparationstechnik,
2. Modellherstellung,
3. Wachsverarbeitung,
4. Einbetten und
5. Schmelz- und Gußverfahren.

Die ersten beiden Punkte konnten bei den vorliegenden Untersuchungen unberücksichtigt bleiben, da als "präparierter Zahnstumpf" ein gedrehtes Messingmodell diente und das Wachsmo-
dell gleich auf diesem Präparationskörper hergestellt wurde. Die drei übrigen Arbeitsgänge wurden zur besseren Übersicht aufgliedert in:

- a) Herstellung in Wachsform,
- b) Einbetten,
- c) Wachs austreiben und Vorwärmen,
- d) Schmelzen und Gießen.

a) Herstellung der Wachsform.

Zur Herstellung der Wachsform für die Gußkappen wurde ein stilisierter Zahnstumpf angefertigt. Dieser Präparationskörper wurde aus Messing gedreht und stellt in seinen Abmessungen einen Mittelwert von präparierten Zahnstümpfen im Prämolarenbereich dar. Der Durchmesser an der Basis und die Höhe betragen 6 mm. Der Winkel der Kegelstumpfeigung zur Senkrechten hat einen Wert von 10° . An der Basis hat der Präparationskörper außerdem eine Stufe von 0,4 mm Stärke (Abb.1,3). Um immer dieselbe Wandstärke der Wachsformen für die Gußkappen zu erzielen, wurde zu dem Präparationskörper eine Negativ-Form gearbeitet. Der Innendurchmesser dieser Form ist um 0,8 mm und die Höhe um 0,4 mm größer als der Präparationskörper (Abb.1,2). Mit dem Präparationskörper und der Negativ-Form war es möglich, gleichbleibende Wachsformen der Gußkappen in einer Wandstärke von 0,4 mm herzustellen.

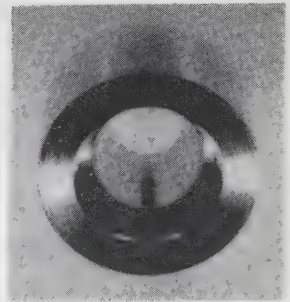
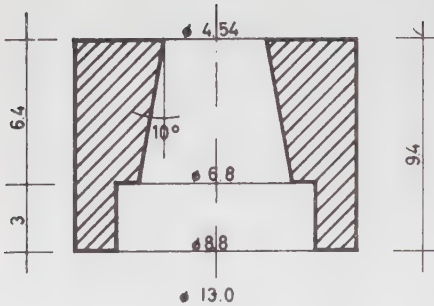


Abb. 2

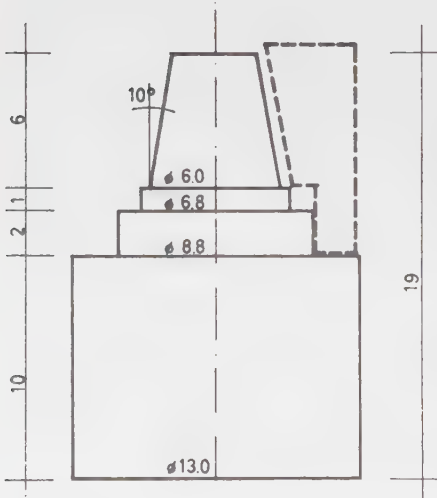


Abb. 1



Abb. 3

Zuerst wurde dem Präparationskörper eine entsprechend zugeschnittene 0,25 mm starke Gußwachs-Platte angedrückt. Die Nahtstelle wurde mit blauem Gußwachs geschlossen. Anschließend wurde erweichtes Wachs aufgetragen und die Negativ-Form aufgesetzt. Durch leichtes Erwärmen der Form wurde das Wachs plastisch und die Negativ-Form konnte vollständig aufgeschoben werden. Unterhalb der Basis des Präparationskörpers war eine zweite Stufe von 1 mm Breite vorgesehen (Abb. 1). Durch entsprechende Gestaltung der Negativ-Form entstand ein Hohlraum, in den überschüssiges

Wachs eingepreßt werden konnte. (Abb. 1, 2, 3). Nach Erkalten der Formen wurde die Negativ-Form vom Präparationskörper getrennt und überschüssiges Wachs unterhalb der ersten Stufe entfernt. Bei sämtlichen Wachsformen für die Gußkappen wurden 2,5 mm starke Gußstifte verwendet, die senkrecht angebracht wurden (Abb. 11).

Bei der Herstellung der Wachsformen für die verschiedenen Angüsse wurde in ähnlicher Weise verfahren. Es wurde davon ausgegangen, daß zum Beispiel bei der Herstellung von Facettenkronen die Modellierung für den Anguß an die Gußkappe in der Weise erfolgt, daß die übermodellierten Partien von cervical nach okklusal bzw. approximal gleichmäßig stärker werden. Es wurde deshalb hier eine zylindrische Negativ-Form gewählt (Abb. 4, 5). Es blieb dabei unberücksichtigt, daß bei einem Kronenersatz der größere Durchmesser in Höhe des Kontaktpunktes liegt, während der Durchmesser cervical geringer ist. Hier kam es darauf an, festzustellen, in welcher Weise die Stärke des Angusses die Dimensionen der Gußkappe verändert.

Zum Vergleich wurde als zweite Negativ-Form für Angüsse ein Innenkegel hergestellt, der die gleiche Kegelneigung von 10° wie der Präparationskörper erhielt. Der Innendurchmesser an der Basis betrug 7,8 mm, die Höhe 6,8 mm (Abb. 6, 7). Mit dieser Negativ-Form konnte auf die fertigen Gußkappen eine gleichmäßige Wachsschicht in einer Stärke von 0,5 mm aufgetragen werden.

Als Sonderversuch wurde mit der zylindrischen Negativ-Form eine Wachsmodellierung für den Anguß hergestellt und anschließend das Wachs bis 2 mm oberhalb des Kappenrandes entfernt (Abb. 14).

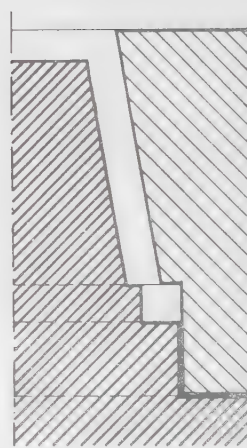
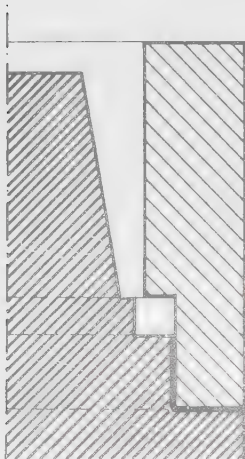
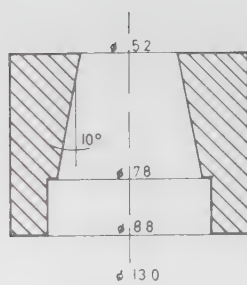
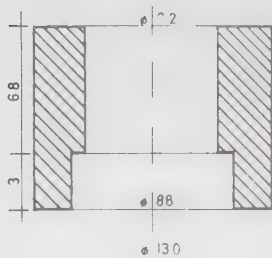


Abb. 4

Abb. 6

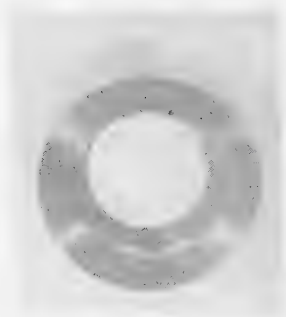


Abb. 5

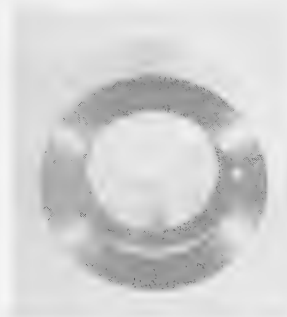


Abb. 7

Bei allen drei Arten von Angüssen wurden jeweils zwei 2,5 mm starke Gußstifte schräg an den Rändern der Wachsmodellierung angebracht (Abb. 12, 13, 14).

b) Einbetten.

In den zahnärztlichen Gußverfahren kommt der Wahl der Einbettmethode eine wesentliche Bedeutung zu. Die verwendeten Edelmetall-Legierungen kontrahieren bei der Abkühlung vom Soliduspunkt bis auf Raumtemperatur um ca. 1,25 bis 1,7% linear. (12). Diese durchschnittliche Kontraktion der Legierungen wird durch die Abbinde- und thermische Expansion besonderer Einbettmassen ausgeglichen. Dabei spielt die Zusammensetzung der Einbettmasse und das Pulver-Wasser-Verhältnis beim Anrührprozeß eine erhebliche Rolle. Die gleichbleibende Zusammensetzung der Einbettmassen wird meist von den Herstellern garantiert und die mit diesen Massen zu erzielenden Expansionswerte in den Prospekten angegeben. Schwankungen in den erzielten Werten treten auf, wenn das angegebene Mischungsverhältnis Pulver-Wasser nicht genau eingehalten wird.

Auch OESCHGER (18) mißt der Einbettungsmasse und der Einbettungstechnik große Bedeutung bei und nennt verschiedene physikalische Forderungen, die an eine gute Einbettmasse zu stellen sind:

1. Es sollen Präzisionsgüsse herstellbar und der Kontraktionsausgleich des Metalles möglich sein.
2. Feinkörnigkeit zur Erzielung einer großen Modelltreue.
3. Kantenfestigkeit und Hitzebeständigkeit, damit beim Einfließen des Metalles keine Veränderung der Hohlform stattfindet.
4. Eine ausreichende Porosität der Masse ist von wesentlicher Bedeutung, damit ein Entweichen der Luft beim Gießvorgang möglich ist.

5. Die Einbettmasse soll eine geringe Wärmeleitfähigkeit haben, um ein zu schnelles Abkühlen der Schmelze zu verhindern.
6. Die Einbettmasse soll keine Stoffe enthalten, die unter dem Einfluß der Hitze mit dem Metall Verbindungen eingehen oder in das Metall diffundieren.

HEHRING (11) weist darauf hin, daß bei der Verwendung der Vakuumeinbettmethode gegenüber der Kerneinbettung mit den geringsten Schwankungen in den Gußergebnissen zu rechnen ist. Außerdem werden bei der Vakuum-Methode keine großen Anforderungen an die Geschicklichkeit gestellt und somit bedeutende Fehlerquellen ausgeschaltet.

GRASSL (8) untersuchte die Vorteile der Vakuumeinbettung und weist auf das Prinzip hin, das dieser Methode zugrunde liegt. Nach dem Gasgesetz von BOYLE-MARIOTTE verhalten sich bei konstanter Temperatur die Drucke eines Gases umgekehrt wie die Volumina (20). Das Vakuum soll 12 bis 16 mm Hg betragen. Bei diesem Druck nimmt das Volumen eines Luftbläschens um das 47,5 bis 63-fache zu. Durch das Rütteln steigen auch kleinste, durch das Vakuum vergrößerte und in der Einbettmasse schwebende Luftbläschen nach oben.

Zur Einbettung wurden die Wachsformen für die Gußkappen und die Angüsse mit den daran befestigten Gußstiften auf einem Einbettgerät (Degussa) angewachst. Dabei betrug der Abstand zwischen Wachsmo-
dell und Eingußtrichter und Wachsmo-
dell und Muffelboden immer gleichbleibend 6 mm (Abb.8). Das Wachsmo-
dell wurde mit Spiritus entfettet und anschließend mit einem Netzmittel (Glad-Spray der Firma Detax-Dental, Karlsruhe) besprüht. Verwendet wurden für die Einbettung zunderfreie Gußmuffeln (Degussa) mit einem Innendurchmesser von 25 mm und einer Höhe von 44 mm. Die Muffeln wurden jeweils mit 1 mm starker Asbestpappe ausgekleidet (Abb.8).

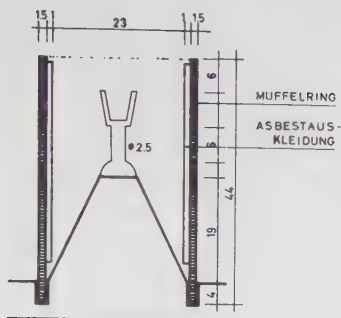


Abb.8

Für die Vakkum-Einbettung wurde der untere Rand der Muffel mit dem Einbettgerät durch eine Wachsschicht luftdicht verschlossen. Auf den oberen Rand der Muffel wurde ein durchsichtiger, etwa 5 cm langer Plastik-Zylinder aufgesetzt und an den Rändern ebenfalls luftdicht verschlossen. Beim Evakuieren schäumt die Einbettmasse etwas auf, wodurch ein größerer Platzbedarf entsteht. Der Zylinder diente dazu, diesen Platzbedarf auszugleichen.

Bei der Einbettung der Wachsformen für die Angüsse war eine vollständige Anwendung der Vakuumeinbettmethode nicht möglich. In Vorversuchen hatte sich gezeigt, daß sich beim Rütteln die fertige Gußkappe von der Wachsform des Angusses löste. In einigen anderen Versuchen sprangen Teile der Wachsform des Angusses ab, was in allen Fällen zu Fehlgüssen führte. Es wurde deshalb lediglich die Einbettmasse im Gipsbecher unter dem Vakuum-Gerät evakuiert, und dann diese so vorbereitete Masse in die Muffel gefüllt.

Für alle Versuche wurde die Einbettmasse "Kompens" der Firma Dentaureum, Pforzheim, verwendet. In Vorversuchen wurde festgestellt, daß das von der Hersteller-Firma angegebene Mischungsverhältnis von 100 Gewichtsteilen Pulver : 36 Gewichtsteilen Wasser für diese Untersuchungen

ungeeignet war. Die Einbettmasse war in diesem Mischungsverhältnis zu dickflüssig und ergab zahlreiche Gußperlen an der Oberfläche des Gußgutes. Es wurde deshalb ein Mischungsverhältnis von 50 Gewichtsteilen Pulver : 20 Gewichtsteilen Wasser (=100:40) gewählt.

EISELT (7) hat die Werte der thermischen Expansion beider Mischungen mit einem Dilatometer ermittelt und dabei festgestellt, daß bei einem Mischungsverhältnis Pulver : Wasser = 50:20 die Verringerung der thermischen Expansion gegenüber dem vom Hersteller angegebenen Mischungsverhältnis unter 0,09 % linear lag.

Zum Anrühren der Einbettmasse wurde destilliertes Wasser verwendet, das auf annähernd gleichbleibender Raumtemperatur gehalten werden konnte ($\pm 2^{\circ}$). Die Einbettmasse und die Flüssigkeitsmenge wurden in dem angegebenen Mischungsverhältnis für jeden Versuch einzeln ausgewogen. Jeweils 50 Gramm Pulver und 20 Gramm Flüssigkeit. Als Vakuum-Einbettgerät diente die Anlage "Vaculit" der Firma Arthur Pfeiffer GmbH., Wetzlar (Abb.9).

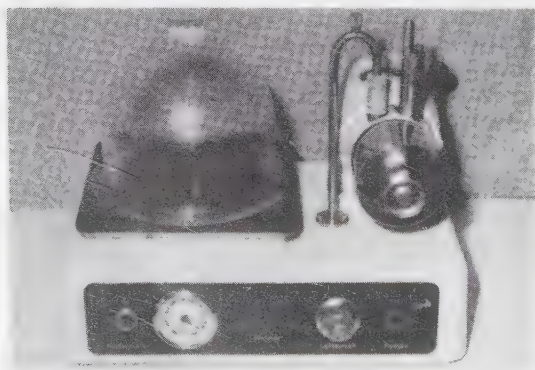


Abb.9

c) Wachsaustreiben und Vorwärmen.

Nach den bekannten Verarbeitungsvorschriften (5) soll mit der Wachsaustreibung begonnen werden, solange die Muffel noch feucht ist. Durch die Feuchtigkeit entsteht Wasser-

dampf, der ein besseres Ausfließen des Waxes aus der erhitzten Muffel ermöglicht. Wartet man bis die Einbettmasse trocken ist, gelingt es nicht, das Wachs restlos aus der Einbettmasse zu entfernen. Die trockene Masse saugt das flüssige Wachs auf. Die nicht verbrannten Rückstände in der Einbettmasse können zu einer Reduktion des Gipses führen und damit Schwefelschädigungen bestimmter Legierungen bewirken.

Nach der Einbettung blieb die Muffel während 40 Minuten zum Abbinden stehen. Anschließend wurde das Einbettgerät von der Muffel getrennt und die Gußstifte entfernt. Die Wachaustreibung erfolgte während 40 Minuten bei 250°C . Hierzu wurde ein Elektroofen vom Typ VZ 100, eine Pyrometer-Einrichtung vom Typ ERM 1200 und ein elektronisch gesteuerter Energieregler vom Typ ERX 01 verwendet (alle Geräte von der Firma Heraeus Edelmetalle GmbH., Hanau/Main). Mit diesen Geräten war es möglich, eine immer gleichbleibende Temperatur zu erzielen.

Anschließend wurde die Muffel in einen auf 500°C vorgewärmten Elektroofen gebracht und der Ofen in einer Zeit von ca. 15 Minuten auf 750°C bzw. 790°C aufgeheizt. Dann verblieb die Muffel noch 30 Minuten bei der Endtemperatur von 750°C bzw. 790°C bis zum Guß in diesem Ofen.

d) Schmelzen und Gießen.

Zum Schmelzen des Metalles wurde die indirekte Schmelzmethode angewendet und für den eigentlichen Guß die Degussa-Tiegelschleuder benutzt (Abb.10).



Abb. 10

Diese Methode hat gegenüber dem noch häufig angewendeten Schmelzverfahren in der offenen Schmelzmulde große Vorteile, die mit dazu beitragen können, genaue Gußergebnisse zu erzielen. Der Kohletiegel, in dem das Metall geschmolzen wird, verhindert den Zutritt von Luftsauerstoff. Der Schmelzvorgang findet also in einer reduzierenden Atmosphäre statt. Außerdem ist eine Überhitzung der Schmelze im Kohletiegel nahezu unmöglich.

Ein weiterer Vorteil ist der, daß man erst nach dem Niederschmelzen des Metalles die Muffel aus dem Vorwärme-Ofen nimmt und sofort gießen kann. Damit kann erreicht werden, daß die Muffel nach dem Vorwärmen bis zum Augenblick des eigentlichen Gusses auf annähernd gleicher Temperatur gehalten werden kann.

Die thermische Kontraktion der Einbettmasse verläuft ähnlich wie die thermische Expansion (12). Die einmal erzielten Expansionswerte können durch das Abkühlen der Muffel zum Teil verloren gehen.

CASTEDELIO (4) hat die Werte für die sogenannte Gußverzugszeit ermittelt. Die Gußverzugszeit ist die Zeit, die zwischen Herausnehmen der Muffel aus dem Vorwärme-Ofen und eigentlichem Guß verstreicht. Als "normale" Gußverzugszeit nennt der Verfasser 30 Sekunden. In dem Tempera-

turbereich von 860°C bis 660°C tritt in einem Zeitraum von je 30 Sekunden eine Abkühlung um 40°C ein.

Bei den vorliegenden Untersuchungen konnte durch Verwendung der Degussa-Tiegelschleuder mit der Elektro-Schmelzanlage und durch entsprechende günstige Anordnung des Vorwärme-Ofens zur Schmelz- und Gußanlage, die Gußverzugszeit auf maximal 10 Sekunden verringert werden. Es ist deshalb beim Gußvorgang hier mit einer Abkühlung der Muffel von höchstens 15°C zu rechnen. Dieser Wert ist in dem Temperaturbereich zwischen 700°C und 800°C und durch die Eigenschaften der verwendeten Einbettmasse unbedeutend (EISELT, 7).

Nach dem Guß mit der Tiegelschleuder blieb die Muffel solange stehen, bis sie auf Zimmertemperatur abgekühlt war. Anschließend wurden die Gußobjekte ausgebettet und in 10%iger Schwefelsäure abgesäuert. Die Abb.11 zeigt eine Gußkappe nach dem Ausbetten und Absäuern und daneben eine Gußkappe nach Entfernen des Gußstiftes.

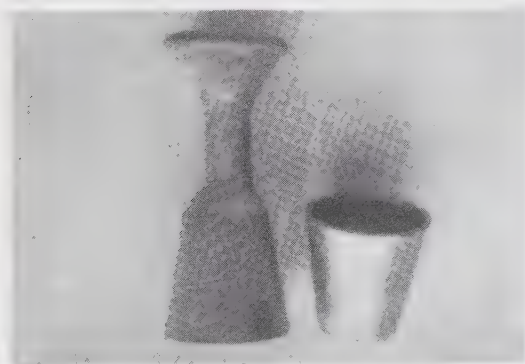


Abb.11

Gußkappe mit Gußstift nach dem Ausbetten und Absäuern. Daneben Gußkappe nach Entfernen des Gußstiftes.

Auf den Abbildungen 12, 13 und 14 sind die drei verschiedenen Arten von Angüssen dargestellt (Vergrößerung: 3,5-fach).

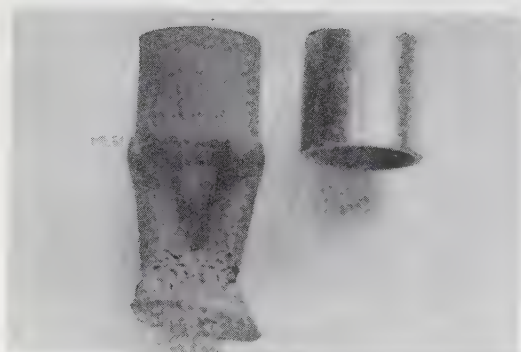


Abb. 12

Anguß in zylindrischer Form mit Gußstiften nach dem Absäuern. Daneben gleicher Anguß nach Entfernen der Gußstifte.



Abb. 13

Anguß in konischer Form mit Gußstiften nach dem Absäuern. Daneben gleicher Anguß nach Entfernen der Gußstifte.



Abb. 14

Anguß in zylindrischer Form mit Gußstiften (der Gußkappenrand liegt 2 mm frei). Daneben gleicher Anguß nach Entfernen der Gußstifte.

3. Meßmethode.

a) Optisches System.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde ein optisches Meßverfahren gewählt, dessen Prinzip von ILG (13) und HAU (10) beschrieben wurde. Diese Methode hat sich bei umfangreichen meßtechnischen Untersuchungen beider Autoren an zahnärztlichen Abdruck- und Modellmaterialien bewährt.

"Bei den optischen Meßmethoden wird das Meßobjekt mittels der Tiefenschärfe des angewandten optischen Systems abgetastet" (ILG, 15). Die Dimensionsunterschiede der Meßobjekte werden durch Meßuhren, die am Mikroskop angebracht sind, ermittelt. Den Begriff der Tiefenschärfe erläutert ILG (15) folgendermaßen: "Die Tiefenschärfe eines optischen Systems ist abhängig von der numerischen Apertur des Mikroskop-Objektives und dem Abbildungsmaßstab, der etwa dem entspricht, was man unter Vergrößerung versteht". Er nennt die numerische Apertur A , den Abbildungsmaßstab b' , die Tiefenschärfe T und erhält die Formel:

$$T = \frac{1}{14} \cdot \frac{1}{A \cdot b'} \cdot 1 + \frac{1}{b'} \text{ mm}$$

$A = 0,15$
$b' = 125$
$T = 3,82 \text{ Mikron}$

Da die normalen Mikroskop-Objektive das Lumen des Meßobjektes nicht ausreichend auszuleuchten vermögen, verwendet ILG Ultropak-Objektive, um mit ihnen eine optimale Beleuchtung des Meßobjektes zu erzielen. Er weist darauf hin, daß bei Verwendung der Ultropak-Objektive ein genügend großer Objekt-Abstand notwendig ist, der durch die Strahlenführung des Beleuchtungssystems bedingt ist. Der Strahlengang in einem Ultropak-Objektiv ist in Abb. 15 dargestellt. Bei diesem System wird Licht seitlich vom eigentlichen Objektiv eingeführt und dann durch eine Beleuchtungslinse wieder auf das Meßobjekt konzentriert.

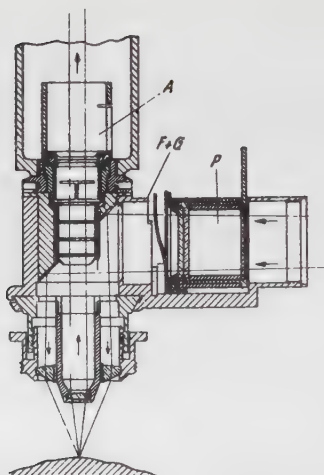


Abb. 15

Für die hier durchgeführten Messungen wurde ein Panphot-Gerät der Firma Ernst Leitz GmbH., Wetzlar, verwendet, das mit Zusatzgeräten versehen, als Meßmikroskop diente.

Auf der Abb.16 ist das gesamte Gerät abgebildet. Die Abb.17 zeigt einen vergrößert dargestellten Ausschnitt mit Objektiv und Okular, Vertikal-Meßuhr, Kreuztisch mit dem darauf befestigten Justiertisch und den beiden Mikrometerschrauben für die Feststellung der Werte bei der Horizontalverschiebung.

Ein Ultropak-Objektiv 5-fach in Verbindung mit einem Periplan-Okular 25-fach ergaben eine Gesamtvergrößerung von 125-fach.

Die Meßgenauigkeit berechnet ILG (15) nach folgender Formel:

$$\operatorname{tg} \frac{a}{2} = \frac{B}{T}$$

Diese Formel ergibt sich aus der Darstellung in Abb.18.

Man kann diese Formel nach B auflösen zu:

$$B = T \cdot \operatorname{tg} \frac{a}{2}$$

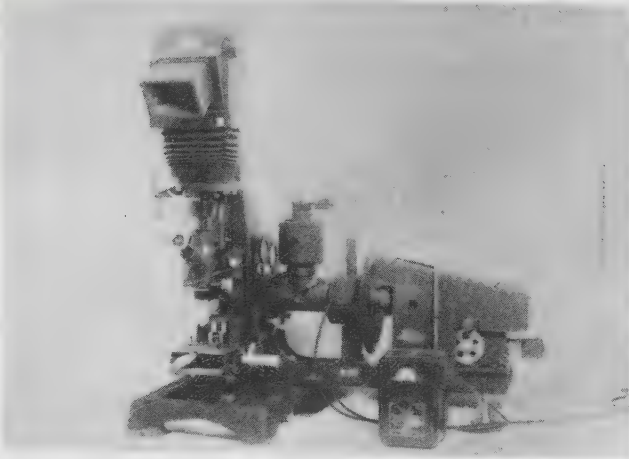


Abb. 16

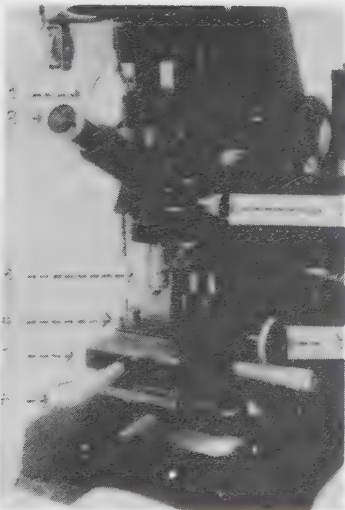


Abb. 17

Beschreibung zu den Abb.16
und 17.

Abb.16

Gesamtansicht des "Panphot" mit Zusatzgeräten, Beleuchtungseinrichtung und Transformator.

Abb.17

Teilvergrößerung der Meßeinrichtung:

1. Vertikalmeßuhr.
2. Periplan-Okular 25-fach
3. Ultropak-Objektiv 5-fach.
4. Justiertisch.
5. Kreuztisch.
6. Mikrometerschraube zur Horizontalverschiebung des Kreuztisches.
7. Feineinstellschraube für Tubus.
8. Grobeinstellschraube für Tubus.

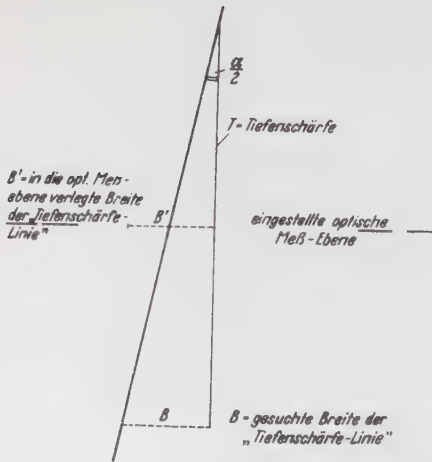
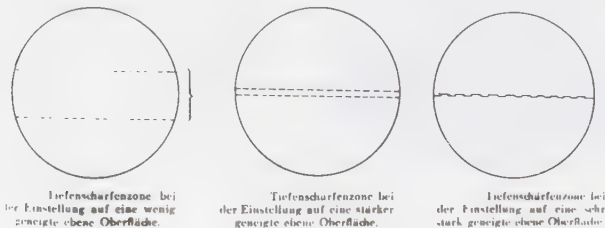


Abb. 18

Bei den zu untersuchenden Meßobjekten handelte es sich um kegelförmig gestaltete Gußkappen, wie sie in Abb.11 dargestellt sind. Die Kegelneigung beträgt 10° zur Senkrechten. Es ergibt sich also bei Verwendung des genannten optischen Systems und der errechneten Tiefenschärfe von 3,82 Mikron eine Tiefenschärfenlinie von 0,7 Mikron. Den Begriff der Tiefenschärfenlinie veranschaulicht ILG (15) folgendermaßen: Stellt man auf eine Ebene, die senkrecht zur optischen Achse des Mikroskopes liegt, scharf ein, dann erhält man das ganze Blickfeld scharf. Wird diese Ebene unter dem Mikroskop geneigt, dann erhält man eine Schärfenbegrenzung, wie sie etwa die Abb.19 zeigt. Wird die Fläche des Objektes stärker geneigt, so ergibt sich eine scharfe Zone, die der Abb.20 entspricht und bei noch weiterer Neigung ein Bild entsprechend der Abb.21.



Tiefenschärfenzone bei der Einstellung auf eine wenig geneigte ebene Oberfläche.

Tiefenschärfenzone bei der Einstellung auf eine stärker geneigte ebene Oberfläche.

Tiefenschärfenzone bei der Einstellung auf eine sehr stark geneigte ebene Oberfläche.

Abb. 19

Abb. 20

Abb. 21

b) Bezugspunkte.

Um bei den Messungen echte Werte zu erzielen, war es von großer Bedeutung, überall den größten Durchmesser zu ermitteln und zu gewährleisten, daß nach dem Anguß an die Gußkappen die gleichen Meßstellen mit dem optischen System wiedergefunden werden konnten.

Nach der Fertigstellung jeder einzelnen Gußkappe und Entfernen der Gußstifte wurde der Rand der Gußkappe hochglanz poliert. Hierzu diente eine völlig eben geschliffene Stahlplatte mit darauf befestigtem feinstem Schleifpapier. Damit wurde erreicht, daß der Hochglanzschliff des Gußkappenrandes in einer Ebene lag.

Anschließend wurde diese so vorbereitete Gußkappe in einen Messingsockel gesetzt, wie ihn die Abb.22 wiedergibt und eine genaue Zeichnung in Abb.24 darstellt. Der Rand dieses Sockels ist 1 mm breit. Mit einem Vickers-Härteprüfgerät wurden auf diesem Rand innerhalb einer Geraden an zwei gegenüberliegenden Punkten des größten Durchmessers pyramidenförmige Eindrücke hergestellt. Der Vickers-Eindruck auf dem Messingsockel ist in 125-facher Vergrößerung auf der Abb.23 dargestellt.



Abb. 22

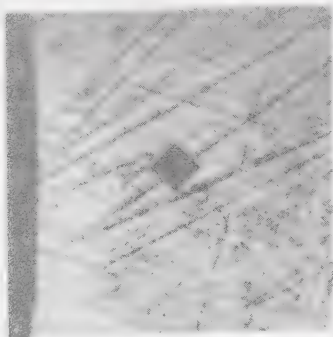


Abb. 23

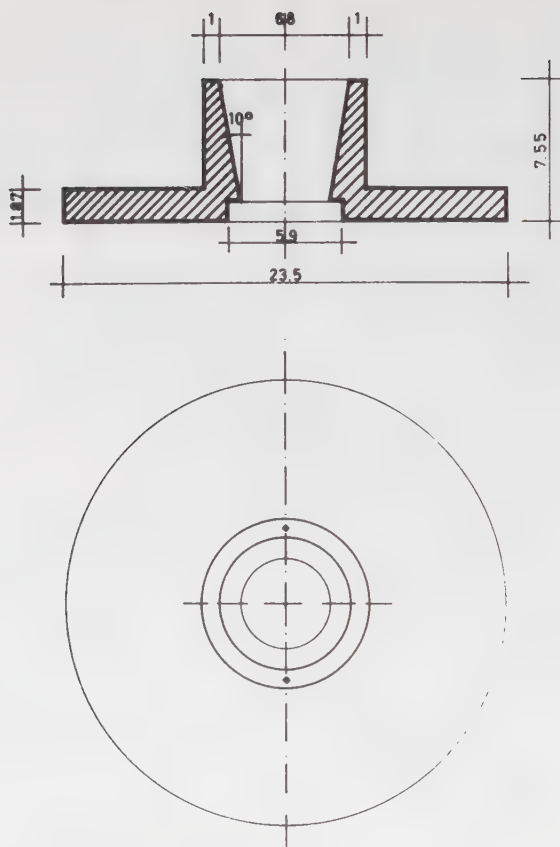


Abb. 24

Das Okular des Härteprüfgerätes war mit einem verstellbaren Fadenkreuz versehen. Durch entsprechendes Verschieben des Kreuztisches wurden die beiden Vickers-Eindrücke auf dem Messingsockel mit einer Linie des Fadenkreuzes zur Deckung gebracht. Innerhalb dieser Linie des Fadenkreuzes wurden dann auf den Gußkappenrändern die pyramidenförmigen Eindrücke vorgenommen. Damit war der größte Durchmesser auf dem Rand der Gußkappe markiert.

Die Abb.25 zeigt einen derartigen Eindruck in 125-facher Vergrößerung. Auf der Abb.26 ist ein gleicher Eindruck auf der Gußkappe nach dem Anguß zu sehen (Vergrößerung eben-

falls 125-fach).



Abb. 25

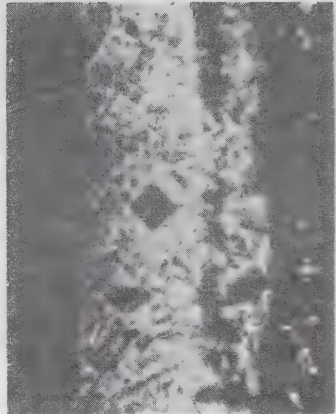


Abb. 26

Bei den angußfähigen Legierungen wurden die Vickers-Eindrücke mit 500 Gramm Gewicht und bei den platinmetallhaltigen Legierungen mit 1000 Gramm Gewicht vorgenommen.

Nach dem Anguß waren die Vickers-Eindrücke bei den angußfähigen Legierungen sofort sichtbar, da sich keine Oxydschicht auf dem geschliffenen Gußkappenrand bildete. Bei den platinmetallhaltigen Legierungen mußte nach dem Anguß eine leichte Oxydschicht von den Gußkappenrändern entfernt werden. Die Abb.26 ist von einer derartigen Gußkappe gewonnen.

c) Fixierung der Meßobjekte.

Zur Feststellung der Durchmesser-Werte wurde der Kreutztisch jeweils horizontal verschoben, Wegen dieser Kreutztisch-Bewegungen war es notwendig, die Meßobjekte auf dem Justiertisch in einwandfreier Weise zu befestigen.

Auf dem Justiertisch war zentral eine Aussparung vorgesehen, in die die hierfür vorgesehenen Fixierungselemente

paßten.

Zur Fixierung der Gußkappen vor dem Anguß diente der gleiche Messingsockel, wie er auch für die Herstellung der Vickers-Eindrücke verwendet wurde. Die Gußkappen wurden also gleich in diesem Sockel vermessen. Die Abb. 27 zeigt den Messingsockel auf dem Justiertisch.

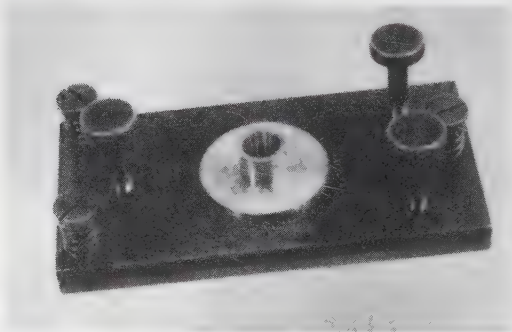


Abb. 27

Zur Befestigung der verschiedenen Formen von Angüssen wurde ein Sockelring hergestellt, der ebenfalls in seinen Abmessungen der Aussparung auf dem Justiertisch entsprach, Abb.28. Dieser Sockelring hatte seinerseits eine Vertiefung, in die die Negativ-Formen für die Angüsse paßten. Die Gußkappen mit den verschiedenen Angüssen wurden nach der Fertigstellung in diese Formen gesetzt und mit dem Sockelring auf dem Justiertisch befestigt. Die Abb.29 zeigt den Sockelring mit einer Negativ-Form auf dem Justiertisch.

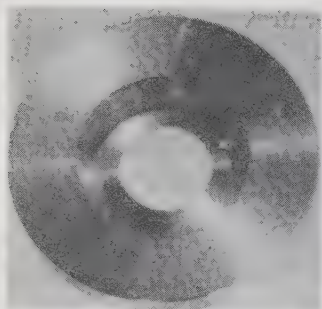


Abb. 28

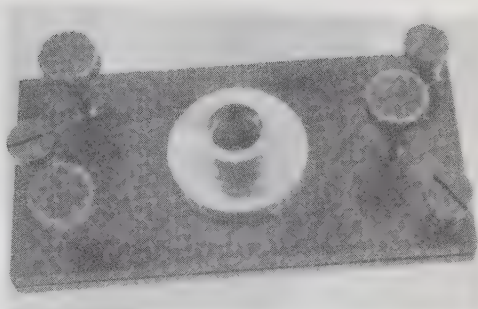


Abb. 29

d) Horinzontaleinstellung der Meßobjekte.

Bei der Durchführung der Messungen mit dem optischen System ist es notwendig, die Meßobjekte in bestimmter Weise zur optischen Achse zu orientieren. Da es sich hier bei den Meßobjekten um geometrische, kegelförmige Körper handelte, mußte der Rand des Meßobjektes mit Hilfe der oben beschriebenen Bezugspunkte senkrecht zur optischen Achse justiert werden. Damit war Gewähr dafür gegeben, daß die gleichen Meßstellen bei der ersten und zweiten Messung gefunden werden konnten.

ILG (14) hat ein Gerät zur "Horizontaleinstellung" von Meßobjekten beim optischen Messen beschrieben. Dieses Gerät wurde von HAU (10) in abgeänderter und verbesserter Form benutzt und diente bei den vorliegenden Untersuchungen zur Justierung der Meßobjekte.

Der Justiertisch besteht aus zwei rechteckigen Metallplatten. Die obere Platte wird durch die Gewinde von drei Stellschrauben gehalten. Drei Führungstifte sind in der unteren Platte befestigt und pressen die obere Platte mit Federn gegen die Dreipunktauflage der drei Stellschrauben. Mit diesen Stellschrauben kann die obere Objektplatte in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen geneigt werden.

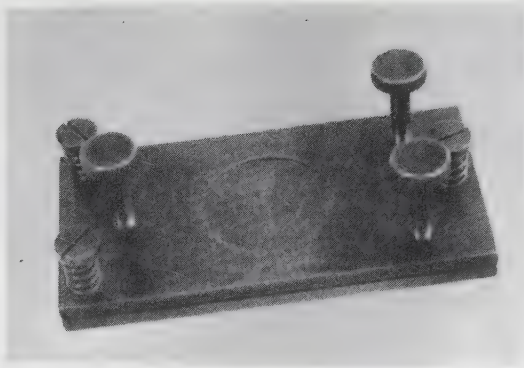
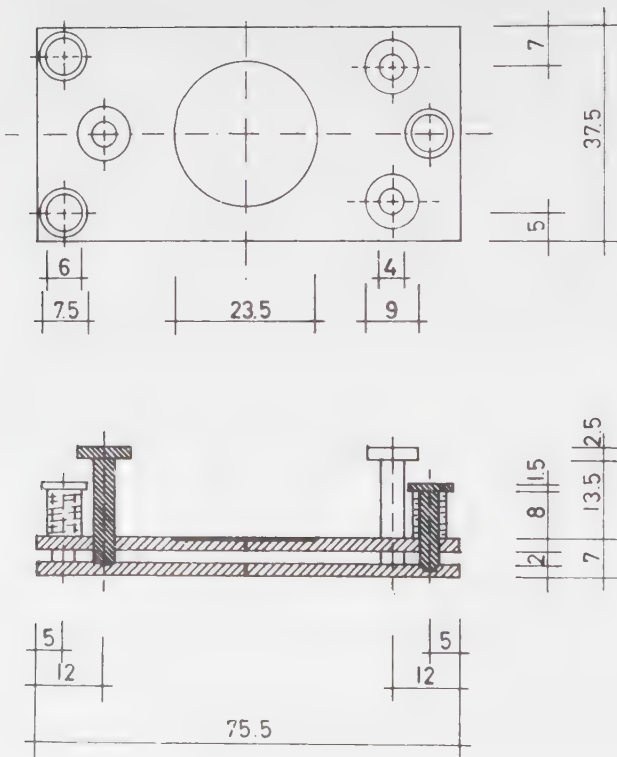


Abb. 30, Justiertisch.



Aus der Zeichnung in Abb.31 geht hervor, daß in der Mitte des Justiertisches eine Aussparung vorgesehen war, in die die Fixierungselemente für die Meßobjekte paßten. Außerdem war in der unteren Platte des Justiertisches zentral eine Bohrung von 1 mm $\varnothing$ angebracht worden. Diese Bohrung paßte zu einem entsprechenden Dorn auf dem Kreutztisch des Mikroskopes. Mit dieser Vorrichtung war es möglich, einmal den Justiertisch auf dem Kreutztisch des Mikroskopes zu fixieren und ihn in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse zu drehen.

Zur Horizontaleinstellung wurden die Meßobjekte wie oben beschrieben fixiert. Dann wurde eine beliebige Stelle des Gußkappenrandes unter dem Mikroskop scharf eingestellt. Nun wurde durch Verschieben des Kreutztisches der Rand der Gußkappe abgetastet und mit Hilfe der Stellschrauben des Justiertisches das Meßobjekt an allen Punkten des Randes scharf eingestellt. Anschließend wurden die Vickers-Eindrücke auf den Gußkappenrändern nach dem Fadenkreuz des Mikroskop-Okulars ausgerichtet und eine Nachjustierung des Meßobjektes vorgenommen.

e) Durchmesser-Messungen.

Die Aufgabe dieser Arbeit war es, die Durchmesser der Gußkappen in verschiedenen Höhen vor und nach dem Anguß zu ermitteln. Ausgangspunkt aller Messungen war der geschliffene Gußkappenrand.

Von diesem Rand aus wurden in Abständen von 200 Mikron insgesamt 30 Meßstellen festgelegt. Die Einstellung jeder Meßstelle wurde mit einer Vertikal-Meßuhr vorgenommen, die am Mikroskop-Tubus befestigt war. In der Abb.32 ist schematisch dargestellt, wie sich die Stellung von Tubus und Meßuhr verändert, wenn auf eine tiefer gelegene Meßstelle eingestellt wird.

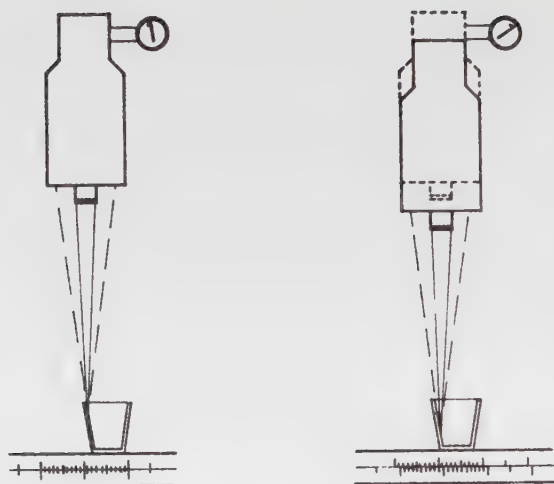


Abb. 32

Die Meßstelle Nr.1 lag in Höhe des geschliffenen Randes der Gußkappe. Die übrigen Meßstellen lagen dann folgend je 200 Mikron darunter. Meßstelle Nr.30 befand sich demnach 200 Mikron oberhalb des Bodens der Gußkappe. Der Durchmesser in Höhe des Bodens der Gußkappe war nicht meßbar, da beim Übergang von der mit 10° geneigten Gußkappenwand zum horizontal verlaufenden Boden eine exakte Messung nicht möglich war.

Nach Justierung des Meßobjektes senkrecht zur optischen Achse wurde die Vertikal-Meßuhr auf den Wert 1000 eingestellt. Diese Ausgangsstellung in Höhe des Gußkappenrandes und damit der Fläche, nach der das Meßobjekt orientiert wurde, war gleichzeitig Meßstelle Nr.1. Die folgenden Meßstellen wurden dann durch Verringerung der Höhe um 200 Mikron eingestellt.

In jeder eingestellten Höhe -- die Lage war durch den

Wert der Vertikal-Meßuhr gegeben -- war eine Tiefenschärfenlinie sichtbar, wie sie in Abb.33 wiedergegeben ist (Vergrößerung 125-fach). Durch Verschieben des Kreuztisches wurde diese Tiefenschärfenlinie mit dem Fadenkreuz des Okulars in tangierende Stellung gebracht. Auf der Mikrometerschraube, die am Kreuztisch angebracht war, wurde der entsprechende Wert abgelesen. Dann wurde der Kreuztisch so weit bis auf die andere Seite verschoben, bis die Tiefenschärfenlinie der gegenüberliegenden Seite mit dem Fadenkreuz erfaßt werden konnte. Dieser zweite Wert mußte von dem ersten Wert subtrahiert werden. Der errechnete neue Wert ergab den absoluten Durchmesser der Gußkappe in der eingestellten Höhe.

Die Abb.34 zeigt vergrößert die Einstellung der Tiefenschärfenlinie auf das Fadenkreuz des Okulars. Gemessen wurde immer bei Stellung der Tiefenschärfenlinie in Bildmitte im Kreuzungspunkt des Fadenkreuzes.

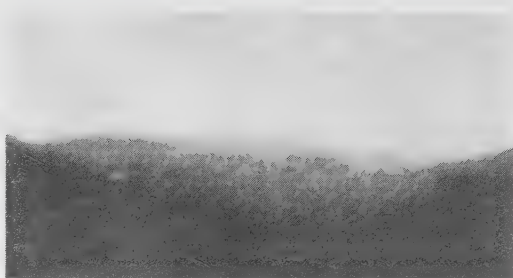


Abb. 22

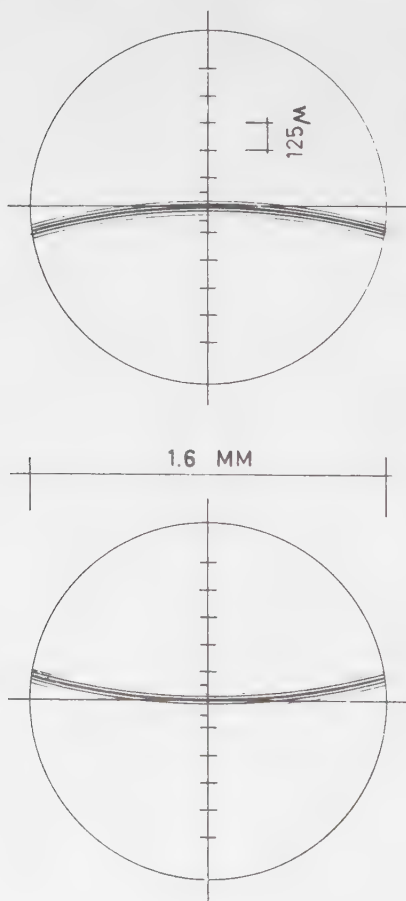


Abb. 34

f) Meßunsicherheit.

Zur Bestimmung der Fehlergrenze beim Messen mit dem optischen System wurden Testmessungen an einer Gußkappe durchgeführt. Hierzu wurde in gleicher Weise vorgegangen wie bei den Messungen in den einzelnen Versuchsreihen.

Es wurde nach Justierung des Meßobjektes eine bestimmte Meßstelle der Gußkappe eingestellt. Aus drei Einzelmessungen der Durchmesser dieser Meßstelle wurde das arithmetische Mittel gebildet. Nach diesen 3 Einzelmessungen wurde das Meßobjekt vom Justiertisch entfernt und anschließend wieder neu aufgesetzt und erneut senkrecht zur optischen Achse justiert. Dies wurde 10 mal wiederholt und jeweils aus den drei Einzelmessungen die arithmetischen Mittel gebildet.

Aus diesen Messungen ergaben sich 30 Einzelwerte. Das Mittel aus der Summe dieser Werte betrug 5.808 Mikron. Die Abweichungen der 10 Einzelwerte von diesem Mittel betrugen ± 2 Mikron.

4) Versuchsanordnung.

Es wurden vier gebräuchliche Legierungen verschiedener Hersteller untersucht. Dabei handelte es sich um zwei angußfähige und zwei platinmetallhaltige Edelmetall-Legierungen.

In 9 Versuchsreihen wurden je 5 Einzelversuche durchgeführt. In den einzelnen Versuchsreihen wurden die verwendeten Legierungen und die Form der Angüsse variiert. Die 5 Einzelversuche jeder Reihe erfolgten unter völlig gleichen Bedingungen mit den gleichen Materialien, um ein möglichst genaues Bild in einer bestimmten Versuchsreihe zu gewinnen.

In jeder der 9 Versuchsreihen wurden mit dem Meßmikroskop

insgesamt 900 Einzelmessungen an den Gußkappen vor dem Anguß und 900 Einzelmessungen nach dem Anguß vorgenommen. Daraus ergaben sich für jede der 30 Meßstellen je 15 Einzelwerte des absoluten Durchmessers. Aus der Summe dieser Werte konnte das arithmetische Mittel gebildet werden. Die so ermittelten Ergebnisse wurden in Tabellen zusammengefaßt und zur besseren Übersicht in graphischen Skizzen dargestellt.

5) Ergebnisse.

a) Erläuterungen zu den Tabellen.

In den Tabellen 1 bis 9 sind zur besseren Übersicht die einzelnen Spalten mit Zahlen gekennzeichnet, deren Bedeutung in allen Tabellen gleich ist.

Spalte 1 = Nummer der Meßstelle.

Spalte 2 = Durchmesser-Werte des Präparationskörpers.

Spalte 3 = Summe der Durchmesser-Werte der Gußkappe vor dem Anguß.

Spalte 4 = Arithmetisches Mittel der Werte von Spalte 3.

Spalte 5 = Differenz der Durchmesser-Werte zwischen dem Präparationskörper und der Gußkappe vor dem Anguß.

Spalte 6 = Summe der Durchmesser-Werte der Gußkappe nach dem Anguß.

Spalte 7 = Arithmetisches Mittel der Werte von Spalte 6.

Spalte 8 = Differenz der Durchmesser-Werte zwischen der Gußkappe vor dem Anguß und derselben Gußkappe nach dem Anguß.

Spalte 9 = Gesamtdifferenz = Differenz der Durchmesser-Werte zwischen dem Präparationskörper und der Gußkappe nach dem Anguß.

1) Erläuterungen zu den Graphiken.

Im Anschluß an jede der neun Tabellen wurden die ermittelten Werte in einem Koordinatensystem festgelegt. Da die gefundenen Werte in einem Bereich von ca. ± 30 Mikron liegen, wurden in Anlehnung an die Veröffentlichungen von HAU (10) und ILG (13) die Werte für die Dimensionsänderungen auf der Abszissenachse im Verhältnis 1 : 500 dargestellt. Auf der Ordinatenachse sind die Meßstellen von Nr. 1 bis 30 eingetragen,

Auf der zweiten Abbildung ist der Umriss des Präparationskörpers in 10-facher Vergrößerung gezeichnet. Die schräge Kegelwand des Präparationskörpers bildet hierbei die Ordinatenachse, während die Abszissenachsen parallel zur Oberflächenlinie des Präparationskörpers verlaufen. Die Werte für die einzelnen Durchmesser jeder Meßstelle wurden halbiert und in die Koordinatenkreuze der linken und rechten Seite der Kegellinie eingetragen.

Die gepunktete Linie in beiden Abbildungen entspricht der Innenfläche der Gußkappe vor dem Anguß. Die ausgezogene Linie stellt die Innenfläche der gleichen Gußkappe nach erfolgtem Anguß dar.

Tabelle 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	59.280	3.952	-37	59.280	3.952	0	-37
29	4.059	60.469	4.031	-28	60.347	4.023	- 8	-36
28	4.129	61.530	4.102	-27	61.256	4.083	-19	-46
27	4.199	62.674	4.178	-21	62.278	4.151	-27	-48
26	4.269	63.793	4.252	-17	63.399	4.226	-26	-43
25	4.339	64.844	4.322	-17	64.415	4.294	-28	-45
24	4.409	65.923	4.394	-15	65.460	4.364	-30	-45
23	4.479	66.985	4.465	-14	66.521	4.434	-31	-45
22	4.549	68.008	4.533	-16	67.560	4.504	-29	-45
21	4.619	69.107	4.607	-12	68.639	4.575	-32	-44
20	4.689	70.148	4.676	-13	69.717	4.647	-29	-42
19	4.759	71.195	4.746	-13	70.738	4.715	-31	-44
18	4.829	72.271	4.818	-11	71.809	4.787	-31	-42
17	4.899	73.322	4.888	-11	72.915	4.861	-27	-38
16	4.969	74.366	4.957	-12	73.990	4.932	-25	-37
15	5.039	75.452	5.030	- 9	75.132	5.008	-22	-31
14	5.109	76.466	5.097	-12	76.227	5.081	-16	-28
13	5.179	77.501	5.166	-13	77.266	5.151	-15	-28
12	5.249	78.563	5.237	-12	78.287	5.219	-18	-30
11	5.319	79.593	5.306	-13	79.345	5.289	-17	-30
10	5.389	80.640	5.376	-13	80.426	5.361	-15	-28
9	5.459	81.747	5.449	-10	81.532	5.435	-14	-24
8	5.529	82.746	5.516	-13	82.503	5.500	-16	-29
7	5.599	83.665	5.577	-22	83.514	5.567	-10	732
6	5.669	84.728	5.648	-21	84.550	5.636	-12	-33
5	5.739	85.789	5.719	-20	85.633	5.708	-11	-31
4	5.809	86.850	5.790	-19	86.668	5.777	-13	-32
3	5.879	87.947	5.863	-16	87.772	5.851	-12	-28
2	5.949	89.000	5.933	-16	88.964	5.930	- 3	-19
1	6.019	90.427	6.028	+ 9	90.329	6.021	- 7	+ 2

Tabelle 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	59.623	3.974	-15	59.650	3.976	+ 2	-13
29	4.059	60.684	4.045	-14	60.611	4.040	- 5	-19
28	4.129	61.702	4.113	-16	61.546	4.103	-10	-26
27	4.199	62.790	4.186	-13	62.609	4.173	-13	-26
26	4.269	63.828	4.255	-14	63.595	4.239	-16	-30
25	4.339	64.851	4.323	-16	64.604	4.306	-17	-33
24	4.409	65.893	4.392	-17	65.658	4.377	-15	-32
23	4.479	66.975	4.465	-14	66.727	4.448	-17	-31
22	4.549	68.023	4.534	-15	67.763	4.517	-17	-32
21	4.619	69.028	4.601	-18	68.800	4.586	-15	-33
20	4.689	70.088	4.672	-17	69.836	4.655	-17	-34
19	4.759	71.069	4.737	-22	70.857	4.723	-14	-36
18	4.829	72.202	4.813	-16	71.956	4.797	-16	-32
17	4.899	73.251	4.883	-16	73.008	4.867	-16	-32
16	4.969	74.256	4.950	-19	74.064	4.937	-13	-32
15	5.039	75.341	5.022	-17	75.174	5.011	-11	-28
14	5.109	76.369	5.091	-18	76.168	5.077	-14	-32
13	5.179	77.368	5.157	-22	77.218	5.147	-10	-32
12	5.249	78.437	5.229	-20	78.263	5.217	-12	-32
11	5.319	79.518	5.301	-18	79.353	5.290	-11	-29
10	5.389	80.501	5.366	-23	80.380	5.358	- 8	-31
9	5.459	81.525	5.438	-21	81.455	5.430	- 8	-29
8	5.529	82.636	5.509	-20	82.494	5.499	-10	-30
7	5.599	83.639	5.575	-24	83.547	5.569	- 6	-30
6	5.669	84.688	5.645	-24	84.602	5.640	- 5	-29
5	5.739	85.731	5.715	-24	85.620	5.708	- 7	-31
4	5.809	86.773	5.784	-25	86.664	5.777	- 7	-32
3	5.879	87.875	5.858	-21	87.772	5.851	- 7	-28
2	5.949	89.103	5.940	- 9	89.033	5.935	- 5	-14
1	6.019	90.304	6.020	+ 1	90.293	6.019	- 1	0

Tabelle 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	59.554	3.970	-19	59.493	3.966	- 4	-23
29	4.059	60.645	4.043	-16	60.573	4.038	- 5	-21
28	4.129	61.712	4.114	-15	61.579	4.105	- 9	-24
27	4.199	62.793	4.186	-13	62.676	4.178	- 8	-21
26	4.269	63.872	4.258	-11	63.745	4.249	- 9	-20
25	4.339	64.969	4.331	- 8	64.855	4.323	- 8	-16
24	4.409	66.048	4.403	- 6	65.906	4.393	-10	-16
23	4.479	67.120	4.474	- 5	67.012	4.467	- 7	-12
22	4.549	68.214	4.547	- 2	68.088	4.539	- 8	-10
21	4.619	69.319	4.621	+ 2	69.154	4.610	-11	- 9
20	4.689	70.366	4.691	+ 2	70.242	4.682	- 9	- 7
19	4.759	71.473	4.764	+ 5	71.344	4.756	- 8	- 3
18	4.829	72.492	4.832	+ 3	72.328	4.821	-11	- 8
17	4.899	73.537	4.902	+ 3	73.369	4.891	-11	- 8
16	4.969	74.605	4.973	+ 4	74.463	4.964	- 9	- 5
15	5.039	75.630	5.042	+ 3	75.505	5.033	- 9	- 6
14	5.109	76.690	5.112	+ 3	76.548	5.103	- 9	- 6
13	5.179	77.729	5.181	+ 2	77.596	5.173	- 8	- 6
12	5.249	78.826	5.255	+ 6	78.662	5.244	-11	- 5
11	5.319	79.873	5.324	+ 5	79.758	5.317	- 7	- 2
10	5.389	80.920	5.394	+ 5	80.799	5.386	- 8	- 3
9	5.459	81.952	5.463	+ 4	81.807	5.453	-10	- 6
8	5.529	82.916	5.527	- 2	82.837	5.522	- 5	- 7
7	5.599	83.900	5.593	- 6	83.827	5.588	- 5	-11
6	5.669	84.948	5.663	- 6	84.837	5.655	- 8	-14
5	5.739	85.971	5.731	- 8	85.870	5.724	- 7	-15
4	5.809	86.980	5.798	-11	86.924	5.794	- 4	-15
3	5.879	88.087	5.872	- 7	88.017	5.867	- 5	-12
2	5.949	89.263	5.950	+ 1	89.232	5.948	- 2	- 1
1	6.019	92.546	6.045	+26	92.651	6.054	+ 9	+35

Tabelle 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.984	47.525	3.960	-29	47.625	3.968	+ 8	-21
29	4.059	48.428	4.035	-24	48.516	4.043	+ 8	-16
28	4.129	49.337	4.111	-18	49.414	4.117	+ 6	-12
27	4.199	50.230	4.185	-14	50.324	4.193	+ 8	- 6
26	4.269	51.141	4.261	- 8	51.194	4.266	+ 5	- 3
25	4.339	52.019	4.334	- 5	52.083	4.340	+ 6	+ 1
24	4.409	52.884	4.407	- 2	52.958	4.413	+ 6	+ 4
23	4.479	53.722	4.476	- 3	53.792	4.482	+ 6	+ 3
22	4.549	54.594	4.549	0	54.635	4.552	+ 3	+ 3
21	4.619	55.468	4.622	+ 3	55.519	4.626	+ 4	+ 7
20	4.689	56.313	4.692	+ 3	56.329	4.694	+ 2	+ 5
19	4.759	57.119	4.759	0	57.143	4.761	+ 2	+ 2
18	4.829	57.983	4.831	+ 2	58.007	4.833	+ 2	+ 4
17	4.899	58.796	4.899	0	58.845	4.903	+ 4	+ 4
16	4.969	59.657	4.971	+ 2	59.663	4.971	0	+ 2
15	5.039	60.529	5.044	+ 5	60.545	5.045	+ 1	+ 6
14	5.109	61.364	5.113	+ 4	61.410	5.117	+ 4	+ 8
13	5.179	62.182	5.181	+ 2	62.184	5.182	+ 1	+ 3
12	5.249	63.016	5.251	+ 2	63.036	5.253	+ 2	+ 4
11	5.319	63.832	5.319	0	63.858	5.321	+ 2	+ 2
10	5.389	64.628	5.385	- 4	64.637	5.386	+ 1	- 3
9	5.459	65.466	5.455	- 4	65.502	5.458	+ 3	- 1
8	5.529	66.290	5.524	- 5	66.331	5.527	+ 3	- 2
7	5.599	67.127	5.593	- 6	67.170	5.597	+ 4	- 2
6	5.669	67.973	5.664	- 5	67.999	5.666	+ 2	- 3
5	5.739	68.806	5.733	- 6	68.839	5.736	+ 3	- 3
4	5.809	69.849	5.820	+11	69.681	5.806	-14	- 3
3	5.879	70.539	5.878	- 1	70.572	5.881	+ 3	+ 2
2	5.949	71.514	5.959	+10	71.584	5.965	+ 6	+16
1	6.019	72.580	6.048	+29	72.653	6.054	+ 6	+35

Tabelle 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	59.470	3.964	-25	59.370	3.958	- 6	-31
29	4.059	60.607	4.040	-19	60.407	4.027	-13	-32
28	4.129	61.697	4.113	-16	61.504	4.100	-13	-29
27	4.199	62.780	4.185	-14	62.620	4.174	-11	-25
26	4.269	63.833	4.255	-14	63.634	4.242	-13	-27
25	4.339	64.904	4.326	-13	64.722	4.314	-12	-25
24	4.409	66.012	4.400	- 9	65.831	4.388	-12	-21
23	4.479	67.112	4.474	- 5	66.868	4.457	-17	-22
22	4.549	68.170	4.544	- 5	67.958	4.530	-14	-19
21	4.619	69.202	4.613	- 6	69.056	4.603	-10	-16
20	4.689	70.254	4.683	- 6	70.116	4.674	- 9	-15
19	4.759	71.299	4.753	- 6	71.105	4.740	-13	-19
18	4.829	72.352	4.823	- 6	72.187	4.812	-11	-17
17	4.899	73.430	4.895	- 4	73.246	4.883	-12	-16
16	4.969	74.469	4.964	- 5	74.281	4.952	-12	-17
15	5.039	75.510	5.034	- 5	75.372	5.024	-10	-15
14	5.109	76.565	5.104	- 5	76.441	5.096	- 8	-13
13	5.179	77.624	5.174	- 5	77.467	5.164	-10	-15
12	5.249	78.660	5.244	- 5	78.515	5.234	-10	-15
11	5.319	79.718	5.314	- 5	79.564	5.304	-10	-15
10	5.389	80.736	5.382	- 7	80.589	5.372	-10	-17
9	5.459	81.789	5.452	- 7	81.665	5.444	- 8	-15
8	5.529	82.812	5.520	- 9	82.691	5.512	- 8	-17
7	5.599	83.858	5.590	- 9	83.726	5.581	- 9	-18
6	5.669	84.890	5.659	-10	84.749	5.649	-10	-20
5	5.739	85.948	5.729	-10	85.804	5.720	- 9	-19
4	5.809	87.041	5.802	- 7	86.843	5.789	-13	-20
3	5.879	88.117	5.874	- 5	87.909	5.860	-14	-19
2	5.949	89.306	5.953	+ 4	89.054	5.936	-17	-13
1	6.019	90.512	6.034	+15	90.344	6.022	-12	+ 3

Tabelle 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	59.154	3.943	-46	59.305	3.953	+10	-36
29	4.059	60.548	4.036	-23	60.506	4.033	- 3	-26
28	4.129	61.712	4.114	-15	61.658	4.110	- 4	-19
27	4.199	62.795	4.186	-13	62.748	4.183	- 3	-16
26	4.269	63.863	4.257	-12	63.814	4.254	- 3	-15
25	4.339	64.939	4.329	-10	64.850	4.323	- 6	-16
24	4.409	66.013	4.400	- 9	65.941	4.396	- 4	-13
23	4.479	67.052	4.470	- 9	66.994	4.466	- 4	-13
22	4.549	68.145	4.543	- 6	68.046	4.536	- 7	-13
21	4.619	69.173	4.611	- 8	69.101	4.606	- 5	-13
20	4.689	70.236	4.682	- 7	70.127	4.675	- 7	-14
19	4.759	71.267	4.751	- 8	71.209	4.747	- 4	-12
18	4.829	72.303	4.820	- 9	72.258	4.817	- 3	-12
17	4.899	73.388	4.892	- 7	73.314	4.887	- 5	-12
16	4.969	74.448	4.963	- 6	74.387	4.959	- 4	-10
15	5.039	75.505	5.033	- 6	75.445	5.029	- 4	-10
14	5.109	76.588	5.105	- 4	76.479	5.098	- 7	-11
13	5.179	77.614	5.174	- 5	77.519	5.167	- 7	-12
12	5.249	78.645	5.243	- 6	78.587	5.239	- 4	-10
11	5.319	79.683	5.312	- 7	79.624	5.308	- 4	-11
10	5.389	80.743	5.382	- 7	80.663	5.377	- 5	-12
9	5.459	81.749	5.449	-10	81.676	5.445	- 4	-14
8	5.529	82.786	5.519	-10	82.694	5.512	- 7	-17
7	5.599	83.856	5.590	- 9	83.748	5.583	- 7	-16
6	5.669	84.871	5.658	-11	84.797	5.653	- 5	-16
5	5.739	85.956	5.730	- 9	85.813	5.720	-10	-19
4	5.809	86.997	5.799	-10	86.887	5.792	- 7	-17
3	5.879	88.071	5.871	- 8	87.968	5.864	- 7	-15
2	5.949	89.159	5.943	- 6	89.004	5.933	-10	-16
1	6.019	72.539	6.044	+25	72.395	6.032	-12	+13

Tabelle 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	47.649	3.970	-19	59.681	3.978	+16	-11
29	4.059	60.633	4.042	-17	60.764	4.050	+ 8	- 9
28	4.129	61.706	4.113	-16	61.826	4.121	+ 8	- 8
27	4.199	62.787	4.185	-14	62.888	4.192	+ 7	- 7
26	4.269	63.867	4.257	-12	63.952	4.263	+ 6	- 6
25	4.339	64.935	4.329	-10	64.987	4.332	+ 3	- 7
24	4.409	52.782	4.398	-11	52.830	4.402	+ 4	- 7
23	4.479	67.046	4.469	-10	67.107	4.473	+ 4	- 6
22	4.549	68.102	4.540	- 9	68.173	4.544	+ 4	- 5
21	4.619	69.181	4.612	- 7	69.246	4.616	+ 4	- 3
20	4.689	70.202	4.680	- 9	70.277	4.685	+ 5	- 4
19	4.759	71.247	4.749	-10	71.319	4.754	+ 5	- 5
18	4.829	72.302	4.820	- 9	72.356	4.823	+ 3	- 6
17	4.899	73.324	4.888	-11	73.419	4.894	+ 6	- 5
16	4.969	74.376	4.958	-11	74.459	4.963	+ 5	- 6
15	5.039	75.435	5.029	-10	60.404	5.033	+ 4	- 6
14	5.109	76.463	5.097	-12	76.573	5.104	+ 7	- 5
13	5.179	77.531	5.168	-11	62.086	5.173	+ 5	- 6
12	5.249	78.551	5.236	-13	78.655	5.243	+ 7	- 6
11	5.319	79.585	5.305	-14	79.718	5.314	+ 9	- 5
10	5.389	80.645	5.376	-13	80.746	5.383	+ 7	- 6
9	5.459	81.709	5.447	-12	81.814	5.454	+ 7	- 5
8	5.529	82.731	5.515	-14	82.827	5.521	+ 6	- 8
7	5.599	83.756	5.583	-16	83.870	5.591	+ 8	- 8
6	5.669	84.834	5.655	-14	84.892	5.659	+ 4	-10
5	5.739	85.881	5.725	-14	85.946	5.729	+ 4	-10
4	5.809	86.950	5.796	-13	86.995	5.799	+ 3	-10
3	5.879	88.101	5.873	- 6	88.105	5.873	0	- 6
2	5.949	89.289	5.952	+ 3	89.267	5.951	- 1	+ 2
1	6.019	90.416	6.027	+ 8	90.448	6.029	+ 2	+10

Tabelle 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	23.739	3.956	-33	23.716	3.952	- 4	-37
29	4.059	24.177	4.029	-30	24.172	4.028	- 1	-31
28	4.129	61.552	4.103	-26	61.525	4.101	- 2	-28
27	4.199	62.654	4.176	-23	62.622	4.174	- 2	-25
26	4.269	63.722	4.248	-21	63.730	4.248	0	-21
25	4.339	64.835	4.322	-17	64.800	4.320	- 2	-19
24	4.409	65.927	4.395	-14	65.907	4.393	- 2	-16
23	4.479	66.991	4.466	-13	66.969	4.464	- 2	-15
22	4.549	68.088	4.539	-10	68.024	4.534	- 5	-15
21	4.619	69.145	4.609	-10	69.123	4.608	- 1	-11
20	4.689	70.224	4.681	- 8	70.150	4.676	- 5	-13
19	4.759	71.289	4.752	- 7	71.196	4.746	- 6	-13
18	4.829	72.355	4.823	- 6	72.305	4.820	- 3	- 9
17	4.899	73.464	4.897	- 2	73.392	4.892	- 5	- 7
16	4.969	74.539	4.969	0	74.470	4.964	- 5	- 5
15	5.039	75.596	5.039	0	75.540	5.036	- 3	- 3
14	5.109	76.680	5.112	+ 3	76.586	5.105	- 7	- 4
13	5.179	77.737	5.182	+ 3	77.635	5.175	- 7	- 4
12	5.249	78.746	5.249	0	78.659	5.243	- 6	- 6
11	5.319	79.743	5.316	- 3	79.671	5.311	- 5	- 8
10	5.389	80.776	5.385	- 4	80.646	5.376	- 9	-13
9	5.459	81.817	5.454	- 5	81.727	5.448	- 6	-11
8	5.529	82.846	5.523	- 6	82.751	5.516	- 7	-13
7	5.599	83.864	5.590	- 9	83.800	5.586	- 4	-13
6	5.669	84.903	5.660	- 9	84.819	5.654	- 6	-15
5	5.739	85.983	5.732	- 7	85.893	5.726	- 6	-13
4	5.809	86.994	5.799	-10	86.931	5.795	- 4	-14
3	5.879	88.039	5.869	-10	88.020	5.868	- 1	-11
2	5.949	89.162	5.944	- 5	89.168	5.944	0	- 5
1	6.019	90.558	6.037	+18	90.668	6.044	+ 7	+25

Tabelle 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	3.989	59.429	3.961	-28	59.647	3.976	+15	-13
29	4.059	60.525	4.035	-24	60.751	4.050	+15	- 9
28	4.129	61.619	4.107	-22	61.795	4.119	+12	-10
27	4.199	62.697	4.179	-20	62.896	4.193	+14	- 6
26	4.269	63.788	4.252	-17	63.937	4.262	+10	- 7
25	4.339	64.860	4.324	-15	65.014	4.334	+10	- 5
24	4.409	65.990	4.399	-10	66.158	4.410	+11	+ 1
23	4.479	67.074	4.471	- 8	67.227	4.481	+10	+ 2
22	4.549	54.515	4.542	- 7	54.602	4.550	+ 8	+ 1
21	4.619	55.371	4.614	- 5	55.502	4.625	+11	+ 6
20	4.689	56.176	4.681	- 8	56.294	4.691	+10	+ 2
19	4.759	57.040	4.753	- 6	57.109	4.759	+ 6	0
18	4.829	57.894	4.824	- 5	57.999	4.833	+ 9	+ 4
17	4.899	58.703	4.891	- 8	58.831	4.902	+11	+ 3
16	4.969	74.493	4.966	- 3	74.571	4.971	+ 5	+ 2
15	5.039	75.483	5.032	- 7	75.622	5.041	+ 9	+ 2
14	5.109	76.529	5.101	- 8	76.667	5.111	+10	+ 2
13	5.179	77.595	5.173	- 6	77.670	5.178	+ 5	- 1
12	5.249	78.638	5.242	- 7	78.740	5.249	+ 7	0
11	5.319	79.598	5.306	-13	79.751	5.316	+10	- 3
10	5.389	80.629	5.375	-14	80.713	5.380	+ 5	- 9
9	5.459	81.694	5.446	-13	81.793	5.452	+ 6	- 7
8	5.529	82.745	5.516	-13	82.865	5.524	+ 8	- 5
7	5.599	83.765	5.584	-15	83.882	5.592	+ 8	- 7
6	5.669	84.811	5.654	-15	84.920	5.661	+ 7	- 8
5	5.739	85.870	5.724	-15	85.986	5.732	+ 8	- 7
4	5.809	86.922	5.794	-15	87.033	5.802	+ 8	- 7
3	5.879	88.038	5.869	-10	88.131	5.875	+ 6	- 4
2	5.949	89.192	5.946	- 3	89.314	5.954	+ 8	+ 5
1	6.019	90.615	6.041	+22	90.738	6.049	+ 8	+30

c)

Versuchsreihe 1.

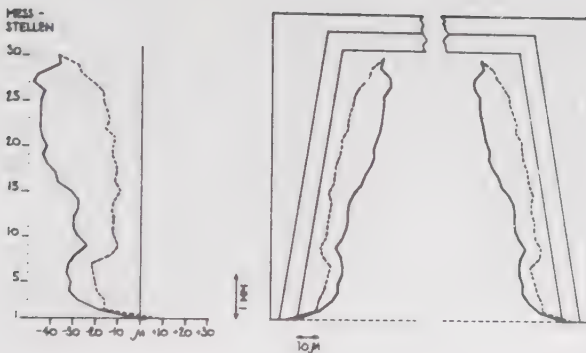


Abb. 35

In der Versuchsreihe 1 wurden für die Gußkappen und die Angüsse in zylindrischer Form (Abb.12) die platinmetallhaltige Legierung Degular M (Degussa) verwendet. In der Tabelle 1 sind die ermittelten Werte zusammengefaßt und in der Abb.35 graphisch dargestellt.

Die gemessenen Werte zeigen, daß die Gußkappe gegenüber der Ausgangsform, dem Präparationskörper, Formveränderungen erfahren hat. Im Bereich des Gußkappenrandes ist eine Expansion von 9 Mikron festzustellen. Im unteren und im oberen Drittel der Gußkappe trat eine stärkere Kontraktion von ca. 20 bis 37 Mikron ein, während im mittleren Bereich nur eine fast gleichmäßige Kontraktion von ca. 12 Mikron zu verzeichnen war.

Nach dem Anguß trat vom Gußkappenrand bis zur Meßstelle 16 (Mitte der Gußkappe) eine allmählich zunehmende Kontraktion ein, die einen Wert von 25 Mikron an dieser Meßstelle erreichte. Von der Meßstelle 16 an nahmen die Kontraktionswerte stark zu, um bei Meßstelle 21 einen Wert -32 Mikron zu erreichen. Danach fielen die Werte wieder gleichmäßig

ab und erreichten bis zum Boden der Gußkappe bei Meßstelle 30 einen Wert von 0 Mikron.

Die Erklärung für die sehr starken Kontraktionswerte im oberen Bereich der Gußkappe sind in der Tatsache zu finden, daß sich die Gußkappe nach dem Anguß im Sinne einer Schrumpfung verändert hatte. Diese Veränderung konnte schon makroskopisch festgestellt werden und wurde mikroskopisch durch einen geschlängelten Verlauf der Tiefenschärfenlinie registriert. Diese Erscheinung ist durch eine mikroskopische Fotografie der geschlängelten Tiefenschärfenlinie in Abb.36 dargestellt. Zum Vergleich sei auf die normale Tiefenschärfenlinie in Abb.33 S.32 hingewiesen. (Vergrößerung in beiden Abbildungen 125-fach).

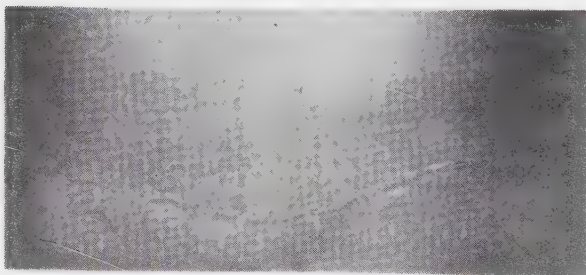


Abb. 36

Versuchsreihe 2.

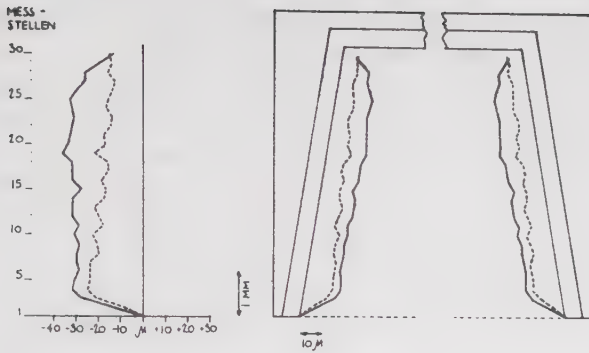


Abb. 37

In der Versuchsreihe 2 wurden ebenso wie bei der 1. Reihe für die Gußkappen und die Angüsse eine platinmetallhaltige Gold-Legierung, Maingold SG (Heraeus) verwendet. Der Anguß erfolgte wie in der Reihe 1 in zylindrischer Form (Abb. 12).

Bei diesen Versuchen trat eine nur geringe Expansion von 1 Mikron im Bereich des Gußkappenrandes auf. Im unteren Drittel des Meßobjektes war dann eine stärkere Kontraktion zu verzeichnen, die bereits bei Meßstelle 4 einen Wert von 25 Mikron erreichte. Von dieser Meßstelle an war die Tendenz wieder rückläufig. Die Kontraktionswerte nahmen gleichmäßig bis zum Boden der Gußkappe ab. Bei Meßstelle 29 sank der Wert bis auf -14 Mikron.

Nach dem Anguß war im Bereich des Gußkappenrandes eine unwesentliche Veränderung zu verzeichnen (-1 Mikron). Von Meßstelle 3 an erreichte die Kontraktion einen Wert von 7 Mikron, um dann sehr gleichmäßig bis zur Meßstelle 25 auf -17 Mikron anzusteigen. Bei den folgenden Meßstellen waren die Kontraktionswerte geringer.

Bei dieser Versuchsreihe war im oberen Bereich der Gußkappen nach dem Anguß eine Schrumpfung festzustellen, die sich unter dem Meßmikroskop in gleicher Weise zeigte, wie in der Versuchsreihe 1. Die Kontraktionswerte waren nicht so stark ausgeprägt wie in der 1. Reihe.

Versuchsreihe 3.

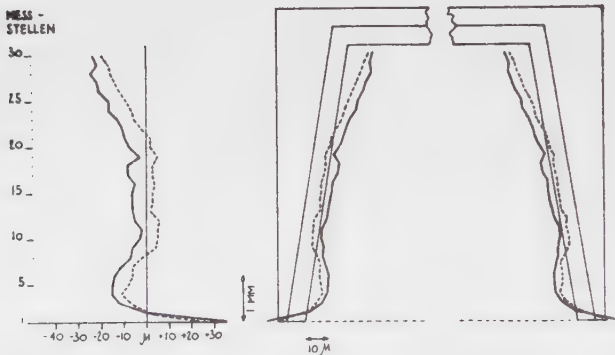


Abb. 38

In dieser Versuchsreihe wurde für die Gußkappen eine angußfähige Gold-Legierung (Degulor i, Degussa) verwendet. Diese Legierung enthält keine Unedelmetalle und wurde speziell für den Anguß entwickelt. Der Anguß erfolgte mit der platinmetallhaltigen Legierung Degulor M (Degussa).

Der Anguß wurde auch hier wie in den Versuchsreihen 1 und 2 zylindrisch gestaltet (Abb. 12). Die Versuchsbedingungen waren identisch zu denen der Reihe 1 und 2.

Die Gußkappe zeigte im Bereich des Randes eine Expansion des Gesamtdurchmessers gegenüber der Ausgangsform von 26 Mikron. Im unteren Drittel der Gußkappe wurde dann eine stärkere Kontraktion bis -8 Mikron bei Meßstelle 5 gemessen. Im mittleren Abschnitt der Gußkappe war dann

wieder eine annähernd gleichmäßige Expansion von ca. 4 Mikron zu verzeichnen. Von Meßstelle 22 an trat wieder eine Kontraktion ein, die bis zum Boden des Meßobjektes einen Wert von -19 Mikron erreichte.

Nach dem Anguß war in Höhe des Gußkappenrandes eine Veränderung von +9 Mikron zu registrieren. Von Meßstelle 5 ab kam es zu einer fast gleichbleibenden Kontraktion bis zum Boden des Meßobjektes von durchschnittlich 8 Mikron.

Eine Schrumpfung der Gußkappe nach dem Anguß, wie sie bei der Versuchsreihe 1 und in etwas geringerer Stärke in der Reihe 2 auftrat, war hier nicht festzustellen. Die graphische Darstellung in Abb.38 zeigt einen deutlichen Unterschied zu den Kurven der 1. und 2. Versuchsreihe.

Versuchsreihe 4.

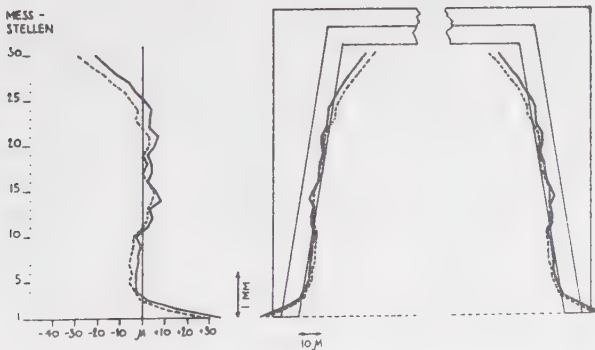


Abb. 39

Die Versuche in dieser Reihe wurden unter den gleichen Bedingungen wie unter 1, 2 und 3 durchgeführt. Für die Gußkappen wurde eine angußfähige Gold-Legierung (Maingold no, Heraeus) und für den Anguß eine platinmetallhaltige Legie-

rung (Maingold SG) verwendet.

Auch bei den Gußkappen dieser Versuchsreihe war im Bereich des Randes eine deutliche Expansion von 29 Mikron zu registrieren. Danach fielen die Werte bis auf -6 Mikron bei Meßstelle 5 ab. Die Werte der Meßstelle 4 wurden hier nicht berücksichtigt, da es sich um einen Ausreißer handelte (+ 11 Mikron). Im mittleren Drittel wurden wieder Expansionswerte von durchschnittlich +4 Mikron erreicht. Von Meßstelle 23 an wurden negative Werte gemessen, die bis zum Boden des Meßobjektes -29 Mikron erreichten.

Die Meßergebnisse zeigten nach dem Anguß im Bereich der gesamten Gußkappe eine geringe Expansion. Es wurden Werte von +2 bis +8 Mikron ermittelt. Am stärksten war die Expansion im Bereich des Gußkappenrandes und im oberen Drittel des Meßobjektes ausgebildet.

Versuchsreihe 5.

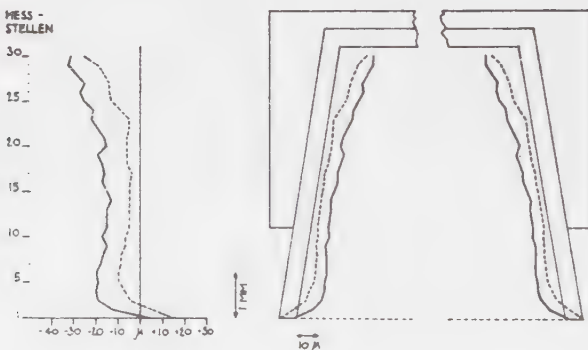


Abb. 40

Die Versuche in dieser Reihe unterscheiden sich von den vorher dargestellten durch eine Veränderung der Form des Angusses. Für die Gußkappe wurde Degulor 1 und für den

Anguß Degulor M (Degussa) verwendet.

Die Modellierung der Wachsform für den Anguß wurde zunächst in gleicher Weise vorgenommen wie in den Versuchsreihen 1 bis 4. Nach der Modellation wurde das Wachs im Bereich der Meßstelle 1 bis 11, also bis 2 mm oberhalb des Gußkappenrandes entfernt (Abb.14). Alle übrigen Bedingungen waren die gleichen wie unter 1 bis 4.

In Höhe des Gußkappenrandes wurde eine Expansion von 15 Mikron gemessen. Im unteren Drittel trat eine geringe Kontraktion bis 10 Mikron auf, während die Werte im Bereich der Meßstelle 23 bis 30 zunahmen. Bei Meßstelle 30 wurde ein Wert von -25 Mikron gemessen.

Nach dem Anguß trat eine fast gleichmäßige Kontraktion im ganzen Bereich des Meßobjektes ein, die Werte von -6 bis -17 Mikron erreichte.

Bei den Versuchen der Reihe 3 traten nach dem Anguß zwischen Meßstelle 1 und 4 nur geringe Kontraktionen (2 bis 4 Mikron) ein, während bei dieser Versuchsreihe gleich bei Meßstelle 1 ein Wert von -12 Mikron gemessen wurde. In dem freiliegenden Teil der Gußkappe trat also eine stärkere Kontraktion gegenüber den Ergebnissen der Reihe 3 ein. Von Meßstelle 11 an sind die Ergebnisse annähernd gleich den Werten aus der Versuchsreihe 3.

Versuchsreihe 6.

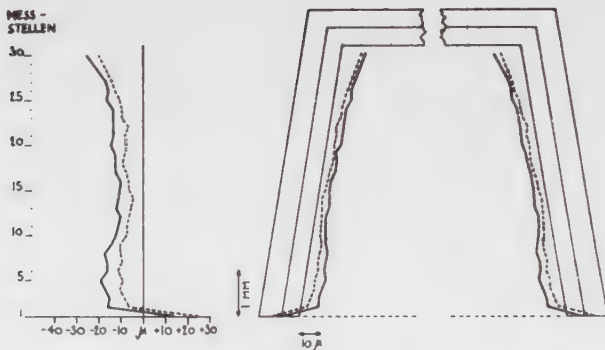


Abb. 41

In der 6. Versuchsreihe wurden für die Gußkappen und die Angüsse die Legierung Degulor M (Degussa) verwendet. Die Form des Angusses wurde zum Vergleich in den Reihen 6 bis 9 verändert. An die 0,4 mm starke Gußkappe wurde in einer gleichmäßigen Wandstärke von 0,5 mm angegossen (Abb.13).

Gegenüber der Ausgangsform zeigte die Gußkappe wieder eine typische Formveränderung. Im Bereich des Randes trat eine Expansion von 25 Mikron auf. Im unteren und oberen Drittel des Meßobjektes war eine stärkere Kontraktion zu verzeichnen, während im mittleren Drittel die Kontraktion nur Werte von durchschnittlich -7 Mikron erreichte. Die Werte der Meßstelle 29 und 30 wurden hier nicht berücksichtigt. Sie sind im Sinne von Ausreißern zu werten und würden hier das Ergebnis verfälschen. Die Kurven in den graphischen Darstellungen wurden entsprechend weitergeführt.

Nach dem Anguß wurde im gesamten Bereich des Meßobjektes eine annähernd gleichmäßige Kontraktion gemessen, die Werte von -3 bis -12 Mikron erreichte.

Versuchsreihe 7.

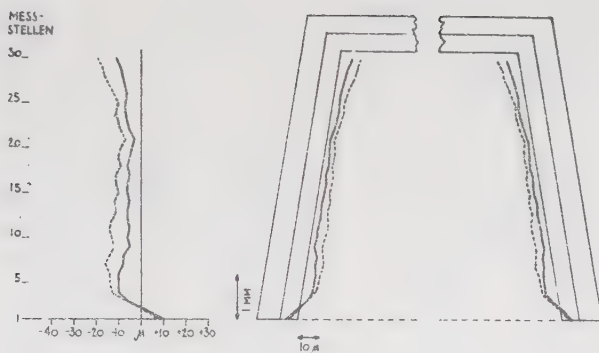


Abb. 42

Für die Gußkappen und die Angüsse wurde in dieser Versuchsreihe die Legierung Maingold SG (Heraeus) verwendet. Der Anguß wurde wie unter 6 beschrieben gestaltet (Abb.13).

In Vorversuchen hatte sich gezeigt, daß bei der Herstellung des Angusses Mißerfolge auftraten, wenn die Muffel nur bei 750°C vorgewärmt wurde, wie es für die anderen Versuchsreihen festgelegt war. Bei einer Vorwärmtemperatur von 750°C floß das Metall nicht vollständig aus. Es wurde deshalb hier und in der Versuchsreihe 9 eine Vorwärmtemperatur von 790°C gewählt. Erst bei dieser Temperatur war ein vollständiges Ausfließen der Hohlform für den Anguß möglich.

In Höhe des Gußkappenrandes wurde eine Expansion von 8 Mikron gemessen. Im unteren und oberen Drittel des Meßobjektes wurden Kontraktionswerte von -12 bis -19 Mikron ermittelt, während im mittleren Bereich der Gußkappe die Kontraktionswerte geringer waren (ca. -10 Mikron).

Nach dem Anguß war an den Meßstellen 1 bis 3 keine wesentliche Veränderung festzustellen. Von Meßstelle 4 an

wurden annähernd gleichmäßige Expansionswerte von ca. 6 Mikron ermittelt.

Versuchsreihe 8.

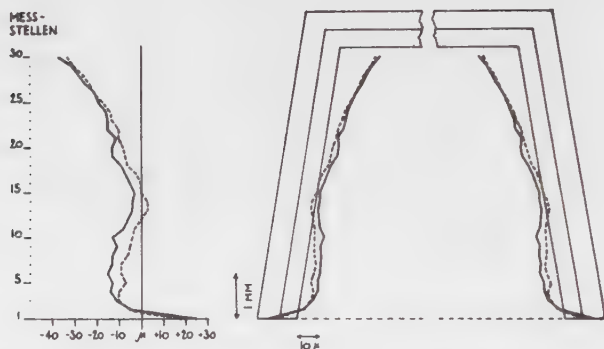


Abb. 43

In der Versuchsreihe 8 wurde für die Gußkappen die Legierung Degulor 1 und für die Angüsse Degulor M (Degussa) verwendet. Der Anguß wurde wie in der Reihe 6 hergestellt (Abb.13).

Im Bereich des Gußkappenrandes wurde eine Expansion von 18 Mikron ermittelt. Von Meßstelle 2 an wurden für den Bereich des unteren Drittels der Gußkappe Kontraktionswerte gemessen, die etwa 9 Mikron erreichten. Im mittleren Teil des Meßobjektes war die Tendenz wieder rückläufig. Bei Meßstelle 13 und 14 wurde +3 Mikron gemessen. Danach fielen die Werte gleichmäßig bis zur Meßstelle 30 auf -33 Mikron ab.

Nach dem Anguß war im Bereich der Meßstelle 5 bis 20 eine Kontraktion von durchschnittlich 5 Mikron zu verzeichnen. Die übrigen Veränderungen lagen bei etwa 0 bis -2 Mikron.

Versuchsreihe 9.

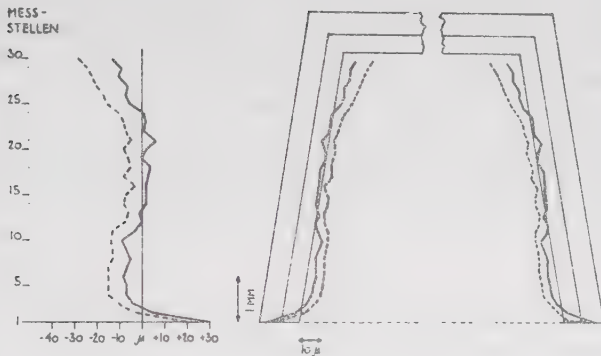


Abb. 44

Die Gußkappen in dieser Versuchsreihe wurden mit der Legierung Maingold no und die Angüsse mit Maingold SG (Heraeus) hergestellt. Die Angüsse hatten hier ebenfalls eine gleichmäßige Stärke von 0,5 mm. Wie schon bei den Erläuterungen zu der Versuchsreihe 7 erwähnt wurde, mußte auch hier die Muffel für den Anguß bei 790°C vorgewärmt werden, da nur so ein vollständiges Ausfließen der Hohlform möglich war.

Im Bereich des Gußkappenrandes wurde eine Expansion von 22 Mikron ermittelt. Im unteren und oberen Drittel des Meßobjektes war eine stärkere Kontraktion zu verzeichnen, deren Werte bei ca. -15 Mikron lagen. Im mittleren Bereich der Gußkappe war die Kontraktion etwas geringer. Es wurden Werte von etwa -8 Mikron ermittelt.

Nach dem Anguß war im gesamten Bereich der Gußkappe eine annähernd gleichmäßige Expansion von durchschnittlich +8 Mikron zu verzeichnen.

d) Diskussion der Ergebnisse.

In den vorliegenden Untersuchungen hat sich gezeigt, daß die Innenflächen der Gußkappen gegenüber der Ausgangsform eine in allen 9 Versuchsreihen ähnliche und damit typische Formveränderung erfahren haben. An den Rändern aller Gußkappen war eine Expansion zu verzeichnen. Dicht oberhalb des Randes und im oberen Drittel der Gußkappen wurden stärkere Kontraktionen ermittelt, während im mittleren Anteil die Kontraktionen geringer waren.

Außerdem konnte ein Unterschied im Dimensionsverhalten der beiden verwendeten Legierungsgruppen (platinmetallhaltige Goldlegierungen: Degulor M, Maingold SG. Angußfähige Goldlegierungen: Degulor I, Maingold no) festgestellt werden.

Die Gußkappen wurden in 5 Versuchsreihen aus den angußfähigen Goldlegierungen und in 4 Versuchsreihen aus den platinmetallhaltigen Goldlegierungen hergestellt. Die oben erwähnten typischen Formveränderungen der Gußkappen gegenüber der Ausgangsform waren bei Verwendung der beiden Legierungsgruppen verschieden, zeigten jedoch gleiche Tendenzen.

Bei Verwendung der angußfähigen Legierungen zur Herstellung der Gußkappen wurden gegenüber den platinmetallhaltigen Goldlegierungen stärkere Expansionen im Bereich des Gußkappenrandes und stärkere Kontraktionen im oberen Drittel der Gußkappe gemessen.

Bei den vorliegenden Untersuchungen lagen die maximalen negativen Veränderungen der Gußkappen gegenüber der Ausgangsform zwischen -20 und -37 Mikron. Das entspricht einer prozentualen Kontraktion von 0,5 % bis 0,9 % linear.

Der Grund für die unterschiedlichen Werte dürfte in der Zusammensetzung der verwendeten Legierungen zu suchen

sein. NEHSE (17) hat festgestellt, daß der Platinzusatz zu den gebräuchlichen Goldlegierungen die Gußkontraktion beeinflussen kann. Ein höherer Platinzusatz verringert die Gußkontraktion. Er empfiehlt daher einen Platinzusatz von mindestens 5 %.

Von praktischer und damit klinischer Bedeutung ist vor allem das Ausmaß der stärksten Kontraktion einer Gußkappe. Von diesem Wert hängt es ab, wie weit eine Gußkappe überhaupt auf den präparierten Zahnstumpf aufgesetzt werden kann.

DREYER-JØRGENSEN (6) stellte die Forderung auf, daß der Spalt zwischen Zahn und Füllung bzw. gegossener Krone und Zahnstumpf kleiner als 50 Mikron sein soll. (Ein Spalt von 50 Mikron ist mit dem Auge gerade noch sichtbar). DREYER-JØRGENSEN unterscheidet zwischen klinischer und prozentualer Ungenauigkeit und stellt fest, daß eine proportionale Relation zwischen diesen beiden Faktoren besteht. Die klinische Ungenauigkeit ist abhängig von der prozentualen Ungenauigkeit der gegossenen Krone, dem Durchmesser der Krone und dem Konvergenzwinkel der Präparation des Zahnstumpfes (6). Je kleiner der Konvergenzwinkel der Präparation, desto größer ist — bei gleichem Gußfehler — die klinische Ungenauigkeit (6).

Als Beispiel soll hier die klinische Ungenauigkeit an einer Gußkappe ermittelt werden (6), deren stärkste Kontraktion 30 Mikron beträgt. Der mittlere Durchmesser beträgt 5 mm, der Konvergenzwinkel der Innenfläche der Gußkappe 20° . Daraus ergibt sich für die klinische Ungenauigkeit (d.h. für den Spalt zwischen Zahn und dem Rand der Gußkappe) ein Wert von 85 Mikron. Die 50-Mikron-Forderung DREYER-JØRGENSENS ist also bei einer Gußkappe, die 30 Mikron im Durchmesser zu klein ist, nicht erfüllt. Damit der Spalt zwischen Zahn und Gußkappenrand nicht größer als 50 Mikron wird, dürfte der größte negative Gußfehler der Gußkappe einen Wert von 18 Mikron nicht übersteigen. Das

heißt, der Durchmesser des Gußobjektes darf sich an keiner Stelle um mehr als 18 Mikron verringern. Auf eine einfache Formel gebracht bedeutet dies für alle Präparationen mit einem Konvergenzwinkel von 20° , daß der halbe Wert für die prozentuale Ungenauigkeit mit 5,5 multipliziert werden muß, um den Wert der klinischen Ungenauigkeit zu erhalten.

Die Dimensionsänderungen der Gußkappen nach dem Anguß wurden durch die verwendete Legierung für die Gußkappe und durch die Form des Angusses beeinflusst.

Bei Verwendung von Degulor M für die Gußkappe und den Anguß in zylindrischer Form (Versuchsreihe 1) war eine starke Kontraktion nach dem Anguß in der oberen Hälfte der Gußkappe zu verzeichnen, also in dem Teil, der von größeren Metallmengen umfaßt wurde. Bei Verwendung von Maingold SG für Kappe und Anguß in der Versuchsreihe 2 unter gleichen Bedingungen wie bei 1 wurde eine ähnliche Kontraktion im oberen Bereich der Gußkappe ermittelt, die aber nicht so stark ausgeprägt war. Die Kontraktionen erreichten maximale Werte von -32 Mikron (Reihe 1) bis -17 Mikron (Reihe 2). Das entspricht einer prozentualen Kontraktion von 0,65 % bis 0,35 % linear. In der Versuchsreihe 1 beträgt die klinische Ungenauigkeit demnach 88 Mikron, während sie in der Versuchsreihe 2 nur 47 Mikron ausmacht.

Zum Vergleich wurden die Versuche wie in der Reihe 1 und 2 unter Verwendung der angußfähigen Legierungen Degulor i und Maingold no für die Gußkappen durchgeführt (Versuchsreihe 3 und 4). Dabei wurde festgestellt, daß die sehr starken Kontraktionen, die in den oberen Hälften der Gußkappen der Versuchsreihe 1 und 2 gemessen wurden, nicht auftraten. Bei Verwendung von Degulor i für die Kappe und Degulor M für den Anguß betrug die Kontraktion nur maximal ca. 10 Mikron, während bei Verwendung von Maingold no (Kappe) und Maingold SG (Anguß) sogar

Expansionen von maximal 8 Mikron gemessen werden konnten.

Die Versuche der Reihe 5 unterscheiden sich von denen der Versuchsreihe 3 nur dadurch, daß bis 2 mm oberhalb des Gußkappenrandes nicht angegossen wurde. In dem freiliegenden Teil der Gußkappe war gegenüber den Werten aus der Reihe 3 eine stärkere Kontraktion zu verzeichnen, während die übrigen Ergebnisse identisch zu denen der Versuchsreihe 3 waren.

Es wurde bereits obenerwähnt, daß in den Versuchsreihen 1 und 2 nach dem Anguß Schrumpfungen der Gußkappe auftraten, die bereits makroskopisch feststellbar waren. Zur Erklärung dieser Tatsache sei auf die Veröffentlichung von WAGNER (22) verwiesen. Der Verfasser weist darauf hin, daß beim Angußverfahren Schrumpfspannungen auftreten können, die durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der verwendeten Legierungen hervorgerufen werden. Der Ausdehnungskoeffizient von Degulor 1 liegt bei ca. $14,7 \cdot 10^{-6}$ und bei Degulor M bei ca. $17,6 \cdot 10^{-6}$ (22). Die gleichen Werte gelten für Maingold no und Maingold SG. Eine wesentliche Bedeutung im Angußverfahren hat auch die Warmfestigkeit der entsprechenden Legierungen. WAGNER (22) hat die Werte für die Warmfestigkeit von Degulor M und Degulor 1 ermittelt und dabei festgestellt, daß die Festigkeit von Degulor M bei Temperaturen über 700°C geringer ist als von Degulor 1.

Die starken Schrumpfungen, die in der Versuchsreihe 1 und 2 auftraten, könnten dahingehend gedeutet werden, daß beim Anguß an eine Gußkappe aus Degulor M bzw. Maingold SG eine kritische Temperatur in einem Bereich über 700°C besteht. Wenn also die geringere Festigkeit von Degulor M bei Temperaturen über 700°C für die Schrumpfung der Gußkappe verantwortlich gemacht werden soll, müßte die Schrumpfung zwischen 750°C (Vorwärmtemperatur) und

700° C eintreten.

Zum Boden der Gußkappe nahmen die Kontraktionswerte gleichmäßig ab. Dies kann darauf zurückzuführen sein, daß der Boden der Gußkappe als zusätzliche Versteifung der Seitenflächen wirksam wurde.

Die Versuche der Reihe 6 bis 9, die mit Angüssen in konischer Form durchgeführt wurden, dienten als Vergleich zu den ersten 5 Versuchsreihen. Bei den Degulor-Legierungen wurden gleichmäßige, geringe Kontraktionen gemessen, während bei Verwendung der Maingold-Legierungen Expansionen auftraten (jeweils ca. $\pm$ 10 Mikron).

Es kann also gesagt werden, daß bei Verwendung von Degulor M und Maingold SG für den Guß der Kappen, die Meßobjekte mit zunehmender Stärke des Angusses im Sinne einer Kontraktion verändert wurden. Bei Verwendung von Degulor I und Maingold no als Gußmaterial für die Kappen waren dagegen diese Veränderungen bedeutend geringer.

In den Versuchsreihen 3 bis 9 waren die Kontraktionen kleiner als 15 Mikron. Teilweise wurden Expansionen gemessen. Negative Gußfehler von maximal 15 Mikron führen bei einem Konvergenzwinkel der Präparation von 20° zu einer klinischen Ungenauigkeit von höchstens 41 Mikron. Diese Werte entsprechen also noch der 50-Mikron-Forderung DREYER-JØRGENSENS. Gußobjekte, die einen negativen Gußfehler dieser Größenordnung aufweisen, können als klinisch ausreichend genau angesehen werden.

Abschließend kann also gesagt werden, daß die stärkeren Abweichungen gegenüber der Ausgangsform — im Sinne einer Kontraktion — bereits bei den Gußkappen auftraten, und zwar in einer typischen Form. Dies wurde in allen 9 Versuchsreihen bestätigt.

Bei allen Meßobjekten wurden Expansionen im Bereich des

Randes der Gußkappe ermittelt. Die Kenntnis dieser Tatsache ist von wesentlicher praktischer Bedeutung.

Wenn eine Gußkappe auf Grund der mit den verwendeten Einbettmassen nicht völlig auszugleichenden Gußkontraktion nicht paßt, wird sie in der Regel solange von der Innenseite her "ausgearbeitet", bis sie sich vollständig auf den präparierten Zahnstumpf aufsetzen läßt. Nach solchen völlig unkontrollierbaren Maßnahmen kann man aber nicht mehr von Genauigkeit im Sinne einer Präzisionstechnik sprechen. Für den Wert und die Dauerhaftigkeit eines fest-sitzenden prothetischen Ersatzes ist aber neben einem festen Sitz der Gußkappe oder der fertigen Krone vor allem ein exakter Randschluß von Bedeutung. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß zwischen Zahnstumpf und Krone ein Zwischenraum vorhanden sein muß, der Platz für den Zementfilm beim endgültigen Aufsetzen der Krone läßt.

WEIKART (23) hat die Dicke dieser Zementschicht mit 25 Mikron angegeben. Es wäre also wünschenswert, daß die fertige Krone um 50 Mikron im Durchmesser größer ist als der präparierte Zahnstumpf.

Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden Expansionen im Bereich des Gußkappenrandes zwischen ca. 10 und 30 Mikron gemessen. Diese Werte erreichen also noch nicht den idealen Wert von 50 Mikron. Es kann aber gesagt werden, daß es auf jeden Fall vermieden werden muß, den Rand der Gußkappe durch "Ausarbeiten" zu verändern. Es dürfen lediglich an der Stellen der stärksten Kontraktion, also im unteren und occlusalen Drittel der Gußkappe Korrekturen vorgenommen werden, während der Rand, wie gesagt, vollkommen unberührt bleiben muß. Damit wäre eine ausreichende Paßgenauigkeit im Sinne einer Präzisionstechnik gewährleistet.

Die aufgezeigten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß es empfehlenswert scheint, beim Angußverfahren für den Guß der Kappen die angußfähigen Goldlegierungen zu verwenden,

bei denen auf Grund der besonderen Eigenschaften dieser Legierungen, die stärkeren Kontraktionen nach dem Anguß nicht festgestellt werden konnten.

III.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, in welchem Ausmaß sich die Dimensionen einer Gußkappe nach dem Anguß verändern. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse auf die in der Angußtechnik mögliche Präzision zu.

In 9 Versuchsreihen wurden je fünf Gußkappen hergestellt, wobei zwei in der Zusammensetzung verschiedene Gold-Legierungen verwendet wurden. Die Form der Angüsse wurde variiert und dafür zwei Gold-Legierungen ähnlicher Zusammensetzung von zwei verschiedenen Herstellern verwendet.

Die Durchmesser der Gußkappen konnten vor und nach dem Anguß an 30 verschiedenen Meßstellen nach einer optischen Meßmethode ermittelt werden.

Dabei konnte festgestellt werden, daß bereits die Gußkappen erhebliche Dimensionsunterschiede gegenüber der Ausgangsform aufwiesen. Nach dem Anguß traten nochmals Veränderungen ein. Bei Verwendung der platinmetallhaltigen Gold-Legierungen für Gußkappe und Anguß wurden nach dem Anguß erhebliche Kontraktionen durch Schrumpfung der Gußkappe gemessen. Diese Formveränderungen traten bei Verwendung der angußfähigen Gold-Legierungen in nur unwesentlichem Maße in Erscheinung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß beim Angußverfahren bereits die Dimensionsänderungen der Gußkappe gegenüber der Ausgangsform Beachtung finden müßten. Für den Guß der Kapfen scheint die Verwendung der angußfähigen Gold-Legierungen zweckmäßiger zu sein, da die Gußkappen aus diesen Legierungen nach dem Anguß, wie die vorliegenden Untersuchungen ergeben haben, nur unwesentliche Formveränderungen erfahren haben. Der Nachteil der angußfähigen

gen Gold-Legierungen der geringeren mechanischen Festigkeit gegenüber den platinmetallhaltigen Goldlegierungen könnte dadurch ausgeglichen werden, daß man an die Gußkappe mit platinmetallhaltigen Legierungen bis an den Gußkappenrand angießt. Dadurch ist eine genügende mechanische Festigkeit der fertigen Krone gesichert.

Literaturverzeichnis.

1. Beeck, K.H. Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren.
DZZ 13, 1958, H. 8, S. 470
2. Blunck, Heinz Die Geschichte der Gußtechnik in der Zahnheilkunde.
Diss., Med.F., Erlangen 1938
3. Bonsack, Ch. Der heutige Stand des Gußproblems.
DZZ 8.Jg., H. 1, S. 5
4. Castedello, K.H. Experimentelle Untersuchungen über das Angußverfahren bei Palladium-Silber-Legierungen (Palliag).
Diss., Med.F., Kiel 1952
5. Degussa-Brief Nr.16, Frankfurt/Main, Juni 1952
6. Dreyer-Jørgensen, K. Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren.
DZZ 7.Jg., H. 8, S. 461 ff.
7. Eiselt, K. Persönliche Mitteilung, Aug.1963
8. Grassl, J.-F. Verbesserung der Oberfläche von Güssen durch Netzmittel und Vakuumeinbettung.
DZZ 9.Jg., H. 18, S. 1057 ff.
9. Greve, Karl Über die Entwicklung des Metallgußverfahrens in der Zahnheilkunde.
DZW 1922, Nr. 44, S. 533 ff.
10. Hau, Dieter Chemisches und physikalisches Verhalten von Siliconabdrücken (Silone) und Kunstharzmodellen (Ruwarex) im Verlauf der indirekten Arbeitsmethodik.
Diss., Med.F., F.U. Berlin 1961
11. Hehring, H. Die prozentualen linearen Veränderungen eines Palliaggusses in Abhängigkeit von verschiedenen Einbettungsmethoden.
Diss., Med.F., F.U. Berlin 1955
12. Hehring, H. In: Eichner, K., Leitfaden der zahnärztlichen Werkstoffe und ihrer Verarbeitung.
Kapitel: Einbettmassen, S. 27 ff.

13. Ilg, V.K. Über Expansions- und Kontraktions-
erscheinungen in der indirekten
Technik.
Schw.Mschr.f.d.Zhkd., Bd. 58,
1948, S.95
14. Ilg, V.K. Über die Horizontaleinstellung
von Meßobjekten beim optischen
Messen.
Mikrokosmos, 38.Jg., 1949, H.12
15. Ilg, V.K. Untersuchungen zum Dimensionsver-
halten der Silicone-Abdruckmassen,
Teil II. Abdruckmaterial: geformt
Präparation: positiv.
DZZ 14, 1959, H. 5, S. 405 ff.
16. Ilg, V.K. Untersuchungen zur indirekten
Technik.
Teil I, Gedanken zur indirekten
Technik.
DZZ 14, 1959, H. 17, S. 1305
17. Nehse, Kurt Metallgußtechnik und ihre Bedeu-
tung für die zahnärztliche Pro-
thetik.
ZW 1950, Bd. 5, S. 214 ff.
18. Oeschger, Hans X. Vergleichende Untersuchungen über
das Einbetten mit im Vakuum von
Luftblasen befreiter Einbettmasse.
D.Z.M.u.Khkd., Bd.22, H.5 u. 6,
1955, S. 208,
19. Ollendorf Eine neue Methode zur Herstellung
von Zahnersatzstücken.
D. Mschr.f.Zhkd., Nov. 1904,
XXII.Jg., H. 11
20. Stuart, H.A. Lehrbuch der Physik.
5.Auflage 1961 Springer-Verlag
Berlin-Göttingen-Heidelberg
21. Taggart, W.H. A new and accurate method of
making Gold Inlays.
Dental-Cosmos, Nov.1907, Nr.11,
S.1117, ff.
22. Wagner, E. Probleme der Angußtechnik.
ZWR Nr.23, 1959, S. 706 ff.
23. Weikart, Paul Zu Thema Präzisionsguß.
das dental-labor, März 1956, S.55 ff.

N a c h s a t z .

Zum Abschluß dieser Arbeit möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Hermann Kirsten für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. Helmut Hehring für vielseitige Anregung danken.

Mein Dank gilt auch den Herren von der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin-Dahlem, die mich bei der Durchführung der Messungen beratend unterstützten.

Den Firmen Deutsche Gold- und Silber-Scheideanstalt (Degussa), Frankfurt/Main, und Heraeus Edelmetalle GmbH., Hanau/Main, die mir in großzügiger Weise die Gold-Legierungen für die Versuche zur Verfügung stellten, bin ich zu großem Dank verpflichtet.

Ganz besonders danke ich Herrn Wulkau für die Herstellung der Präparationskörper und Herrn cand.ing. Jürgen Brüning für die Anfertigung der technischen Zeichnungen.

L e b e n s l a u f .

Am 28.6.1930 wurde ich als Sohn des Architekten Hans Stegmeyer und seiner Ehefrau Charlotte geb. Völckers in Berlin geboren.

Von 1937 bis 1941 besuchte ich die 2. Volksschule in Berlin-Halensee und anschließend die Goethe-Oberschule in Berlin-Wilmersdorf, an der ich im Sommer 1950 mein Abitur bestand. Meine Schulzeit wurde durch Ereignisse der Kriegs- und ersten Nachkriegszeit mehrmals unterbrochen, wodurch ich als Gast Schüler verschiedene Schulen im ehemaligen Wartheland, Schlesien, Sudetenland und Westdeutschland besuchte.

Nach meinem Abitur arbeitete ich einige Jahre in der Industrie, um eine finanzielle Basis für mein Studium zu schaffen. Im Sommer-Semester 1955 begann ich das Studium der Zahnmedizin an der Universität Köln, wo ich auch nach 5 Semestern das Physikum ablegte. Anschließend studierte ich an der Freien Universität Berlin und beendete dort mein Staatsexamen im Jahre 1961.

Zur Zeit bin ich als Assistent in der Zahnklinik der Freien Universität Berlin tätig.

